

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1937

N° _____

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

MARTIN-CHARPENEL, Georges, Louis, Victor

né le 20 février 1910, à Grenoble (Isère)

LE PAIN DE FROMENT

ETUDE MEDICALE

DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FARINES

ET DU PAIN



Président : M. L. TANON, Professeur.

Chez l'auteur :

CHAUMONT et BARCELONNETTE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153711_0066

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1937

N°

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR

MARTIN-CHARPENEL, Georges, Louis, Victor

né le 20 février 1910, à Grenoble (Isère)

LE PAIN DE FROMENT

ETUDE MEDICALE

DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FARINES
ET DU PAIN



Président : M. L. TANON, Professeur.

Chez l'auteur :

CHAUMONT et BARCELONNETTE

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	ROUVIERE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	OLONOVSKI.
Bactériologie	Robert DEBRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale.....	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générale	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	ABRAMI.
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale.....	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive.....	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	LAIGNEL-LAVASTINE.
Pathologie expérimentale et comparée.....	FIESSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie.....	Maurice VILLRET.
Clinique médicale	LOEPER.
	CARNOT.
	CLERC.
	Marcel LABBE.
Hygiène et clinique de la première enfance.....	LEREBoullet.
Clinique des maladies des enfants.....	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.....	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux.....	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses.....	LEMIERRE.
	CUNEO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GREGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	MARION.
	BRINDEAU.
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.....	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale.....	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale.....	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Clinique de la Tuberculose.....	BEZANÇON.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte.....	MATHIEU.
Clinique cardiologie	LAUBRY.
	HOVELACQUE.
Professeurs sans chaire.....	MULON.
	OLIVIER.
	VERNE.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE	Pathologie chirurgicale.
BARIETY	Pathologie médicale.
BENARD (Henri).	Pathologie médicale.
BERNARD (Etienne).	Pathologie médicale.
BESANÇON (Justin).	Hydrologie.
BOULIN	Pathologie médicale.
BULLIARD	Histologie.
CATHALA	Pathologie médicale.
CHEVALLIER ..	Pathologie médicale.
COSTE	Pathologie médicale.
DOGNON	Physique.
FEY	Urologie.
FUNCK	Pathologie chirurgicale.
GALLIARD	Parasitologie.
GASTINEL	Bactériologie.
DE GAUDART D'ALLAINES..	Pathologie chirurgicale.
GAYET	Physiologie.
DE GENNES ...	Pathologie médicale.
GIROUD	Histologie.
HAGUENAU ...	Pathologie médicale.
RALPHEN	Oto-rhino-laryngologie.
HAZARD	Pharmacologie.
HUGUENIN ...	Anatomie pathologique.
JOANNON	Hygiène.
LACOMME	Obstétrique.
LANTUEJOUL ..	Obstétrique.

MM.

LAROCHE (Guy)	Pathologie médicale.
LELONG	Pathologie médicale.
LEMAIRE	Pathologie expérimentale
LEVEUF	Pathologie chirurgicale.
M ^{lle} J. LEVY...	Pharmacologie.
LEVY-VALENSI.	Neurologie et Psychiatrie.
MENEGAUX ...	Pathologie chirurgicale.
MOLLARET	Pathologie médicale.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET..	Pathologie chirurgicale.
MOUQUIN	Pathologie médicale.
OBERLING	Anatomie pathologique.
PETIT-DUTAILLIS..	Pathologie chirurgicale.
PIEDELIEVRE .	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
RENARD	Ophthalmologie.
RICHEL	Physiologie.
SANNIE	Chimie biologique.
SENEQUE	Pathologie chirurgicale.
TROISIERS	Pathologie expérimentale
TURPIN	Pathologie médicale.
VIGNES	Obstétrique.
WILMOTH	Pathologie chirurgicale.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE pour le service des examens

MM.

ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.
BUSQUET	Pharmacologie.
HAILET-BERT ...	Physiologie.
BUENIOT	Obstétrique.
LARDENNOIS ..	Pathologie chirurgicale.

MM.

LEROUX	Anatomie pathologique.
NEVEU-LEMAIRE ...	Parasitologie.
PHILIBERT	Bactériologie.
VAUDESCAL ...	Obstétrique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE à titre permanent.

MM.		MM.	
ALAJOUANINE..	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale.
AUBERTIN		BROCQ	
BRULE		CADENAT	
CHABROL		GATELLIER ...	
CHIRAY		HEITZ-BOYER .	
DONZELOT		MOURE	
DUVOIR		QUENU	
LIAN		SCHWARTZ	
PASTEUR-VALLÉRY- RADOT		VELTER	
SEZARY			
MM.			
ECALLE	} Clinique obstétricale.		
LE LORIER ...			
LEVY-SOLAL ..			
METZGER			

V. — CHARGES DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
PHILIBERT, agrégé	Microbiologie.
RUPPE	Stomatologie.
WEIL-HALLE	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

LE PAIN DE FROMENT

ETUDE MÉDICALE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DES FARINES ET DU PAIN

Je n'ose me flatter de faire revenir les esprits prévenus à ce sujet ; mais n'importe, les vérités utiles doivent toujours être présentées ; il vient un temps où les nuages qui les couvrent se dissipent.

PABMENTIER,
Le Parfait Boulanger, 1778, p. 318.

Du même auteur

Adaptation du virus amaril à la souris blanche(en collaboration avec M. Mathis et G. Kolochine). *Bull. Soc. Path. Exot.*, 10 février 1932, tome XXV, pages 113-117.

Vérification d'une souche de virus amaril adapté à la souris blanche (en collaboration avec les mêmes). *Bull. Soc. Path. Exot.*, 1932, tome XXV, pages 533-535.

Description générale de la Vallée de Barcelonnette en 1727, par le Chevalier de Roquepique. Manuscrit inédit publié dans *Bull. Soc. scient. et litt. des Basses-Alpes*, 1934, tome XXV, pages 30-53.

A LA MEMOIRE DE NOS ANCETRES

*tous artisans et cultivateurs
de la Vallée de Barcelonnette
en Haute-Provence.*

*Aux MARTIN qui, à Pra Soubeyran, jusqu'en 1928,
aux CHARPENEL qui, au Châtelard, jusqu'en 1700,
ont pétri le pain fait de leur blé.*

A MON PERE,

A MA MERE,

auxquels nous ne saurons jamais exprimer notre reconnaissance pour tout ce que nous leur devons, en témoignage de notre affection et de nos sentiments émus.

A MON ONCLE ET MA TANTE

MEIS ET AMICIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE,

Monsieur le Professeur L. TANON,

Professeur d'Hygiène,

Membre de l'Académie de Médecine,

*en témoignage de respectueuse reconnaissance pour
avoir bien voulu accepter la présidence de cette thèse.*

A NOTRE MAITRE

Monsieur le Docteur E. LENGLET,

Médecin de l'Hôpital St-Joseph,

Membre du Conseil supérieur d'Hygiène publique,

*dont les encouragements bienveillants et les conseils
avertis nous ont été indispensables pour mener à
bonne fin ce travail ;*

*Qu'il veuille bien accepter ici l'expression de notre
sincère et profonde gratitude.*

A Monsieur le Docteur Auguste PETIT,

Professeur à l'Institut Pasteur,

Membre de l'Académie de Médecine,

*auquel nous sommes heureux d'exprimer, avec nos
remerciements pour l'accueil qu'il nous a jadis réservé
dans son laboratoire, l'expression de notre respectueuse
reconnaissance.*

A NOS MAITRES

DANS L'INTERNAT DE SAINT-DENIS.

*A Monsieur le Docteur Pierre PERRIN,
Chirurgien de l'Hôpital de Saint-Denis,
auquel nous tenons à exprimer notre reconnaissance
pour l'intérêt et la confiance qu'il nous a toujours
témoignés.*

*A Monsieur le Docteur R. ARCHAMBAUD,
Médecin de l'Hôpital de Saint-Denis.*

*A Monsieur le Docteur A. de VADDER,
Ancien chef de Clinique chirurgicale
à la Faculté de Médecine de Paris,
Chirurgien de l'Hôpital de Saint-Denis.*

*A Monsieur le Docteur PILLIERE de TANOUARN,
Chef du service d'O. R. L. de l'Hôpital de Saint-Denis.*

A NOS MAITRES

DANS LES HOPITAUX DE PARIS.

CHAPITRE I

Introduction

Je maintiens que les recherches au sujet du régime sont un des objets de la médecine les plus dignes de toute notre attention.

Elles contribueront en effet beaucoup et aux moyens de rétablir la santé et à la conservation de celle des gens qui se portent bien, en leur procurant une bonne constitution.

HIPPOCRATE.

On ne peut nier l'importance qu'a le pain dans l'alimentation de l'homme. Si sa consommation a baissé depuis quelques années, en France notamment, il est resté néanmoins l'aliment de base de la majeure partie de la population française. Et la farine, si elle n'entre que pour une part assez faible dans l'alimentation de l'adulte (pâtes, entremets, pâtisseries), elle reste ce qu'elle a toujours été pour l'enfant en bas âge: l'élément primordial de sa ration alimentaire.

A la fin du XIX^e siècle, MUNK et EWALD¹ estimaient que « d'après les données statistiques, l'homme consomme au moins la moitié des principes nutritifs les plus nécessaires sous forme de pain. La nourriture du peuple en comprend encore davantage: le pain représente chez lui jusqu'aux trois quarts de la totalité des principes nutritifs solides ». Depuis, la situation a peu changé puisque « Le pain, avec les autres emplois de la

1. MUNK I. et EWALD C. A., *Traité de diététique à l'usage des médecins chefs d'administration*, etc. [traduit] d'après la 3^e édition par J. F. HEYMANS et P. MASOIN, Paris et Bruxelles, 1897. VIII + 604 pages, in-8°, pp. 155 à 162.

farine de blé, constitue la moitié au moins de la nourriture humaine de la France, déclare le professeur LAPICQUE². On voit donc qu'il importe de connaître avec précision la composition du blé, sa digestibilité et sa valeur alimentaire. »

Aussi reprenant les termes de VIOLET³ pouvons-nous dire encore actuellement: « Il n'y a donc pas de témérité à réclamer pour le pain un des premiers rangs dans les choses de l'alimentation, et nous nous trouvons ainsi suffisamment justifié d'avoir choisi pour sujet d'étude un sujet qui touche, on peut le dire, au cœur même de l'hygiène publique », « à la vie même de notre population » ajoutait le professeur LETULLE⁴.

Nous nous proposons dans cette étude de rechercher quelles sont les qualités requises par la farine et par le pain pour être dignes de la place qu'ils occupent dans l'alimentation humaine. « Le public a droit à un pain parfait, non fraudé, aussi riche-ment nutritif que possible » proclamait le professeur LETULLE⁴. Guidé par ce précepte que nous estimons être une vérité qui n'a été que trop négligée, nous allons examiner dans les pages qui vont suivre, quelles farines et quels pains satisfont à ces desiderata.

On concevrait mal une telle étude sans un examen préalable du grain de blé, matière première de la farine et du pain. En conséquence, nous envisageons d'abord la structure physique de ce grain dans ses rapports avec la meunerie et sa constitution biochimique et biologique détaillée. Il deviendra ensuite aisé de comprendre les qualités respectives des farines que des modes variés de mouture permettent d'en extraire. Nous étudierons

2. Notice spéciale sur les titres et travaux scientifiques concernant l'économie rurale de Louis LAPICQUE, Paris, Impr. de la Cour d'appel, 1930, pp. 17 sq.
3. VIOLET Louis, *Du pain*, Thèse Doct. Méd., Paris, Delahaye, 1876, 86 pages, p. 5.
4. MONTEUUIS A., *Le pain blanc, ses dangers et son remède : le pain naturel*, avec une préf. de M. le Pr. LETULLE, Nice, Paris et Bruxelles, 1914, in-12, VIII + 359 pages, p. III.

pour terminer les diverses sortes de pain que l'on peut obtenir à partir de ces farines et nous dégagerons les conclusions qui en découlent.

Notre plan étant ainsi tracé, il nous a été nécessaire de réduire certains chapitres à leur expression la plus concise sous peine de donner à cette étude une trop grande étendue. Notre désir est seulement de tenter une synthèse assez rapide et cependant suffisamment sérieuse des acquisitions tant anciennes que modernes sur ce vaste sujet, si souvent débattu, synthèse qui nous permettra d'assurer notre jugement sur des bases solides. Nous n'ignorions pas en commençant ce travail tout ce qu'un tel but a d'ambitieux, aussi ne nous cachons-nous pas que sur certains points nous n'avons pu assumer cette tâche.

Au seuil de ces pages, il nous est très agréable d'exprimer notre reconnaissance à M. le docteur Lenglet, dont les conseils éclairés et la très grande compétence en ces matières ne nous ont jamais fait défaut. Sans ses encouragements et son aide nous aurions reculé devant ce labeur.

La partie bibliographique a été l'objet de bien des soins, malheureusement nous ne pourrions utiliser toutes les références que nous avons recueillies. Ce travail n'aurait pu être mené à bonne fin sans de précieux concours. De nombreux auteurs, pour nous faciliter la lecture ou la traduction de leurs travaux ont bien voulu accéder à nos désirs en nous en adressant le texte original. Nous tenons donc à remercier les auteurs et périodiques suivants :

ALVAREZ W. C. de Rochester; l'AMERICAN COLLEGE OF PHYSICIANS de Philadelphie; DANGOUMAU A. de Bordeaux; EVANS H. M. de Berkeley; GALAMINI A. de Rome; HARTWELL G. A. de Londres; HETLER R. A. d'Urbana; le *Journal of the American Medical Association* de Chicago; LAPICQUE L. de Paris; LENGLET E. de Paris; Mc CARRISON R. de Calcuta; MIGUET M. de Villefranche; MORGAN A. F. de Berkeley; ROSE M. S. de New-York; SOLLAZZO G. de Milan; TISDALL F. F. de Toronto; VOGT-MØLLER P. d'Odense; WATSON E. M. de London (Canada) et le WISTAR INSTITUTE de Philadelphie.

Que toutes ces personnes veuillent bien trouver ici l'expression de notre gratitude pour leur geste aimable.

Et puisqu'un récent jugement de l'Académie de Médecine, statuant sur la valeur alimentaire des farines à faible taux d'extraction, a trouvé quelques détracteurs qui l'ont accusé de reposer sur des bases insuffisamment établies, nous voudrions démontrer dans les pages qui suivent combien un tel jugement est fondé.

CHAPITRE II

Le grain de blé

En pratiquant une coupe de grain de blé suivant le sillon longitudinal qu'il présente, on observe à la périphérie une enveloppe mince formée de plusieurs membranes, entourant une amande farineuse, ou albumen, très développée avec, à la partie inférieure, le germe ou embryon.

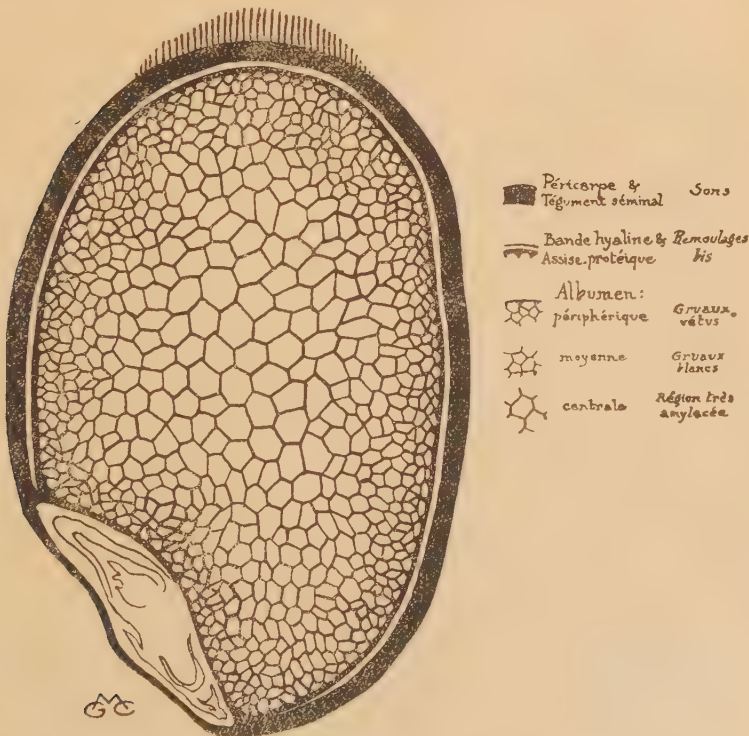


Fig. 1

Coupe longitudinale schématique d'un grain de blé, montrant la disposition des différentes régions 5.

5. D'après A. GIRARD et LINDET 6, pl. 2, fig. I ; LIACRE 310, fig. I ; BRUÈRE P. in Comité national d'études sociales et politiques, séance du 19 janvier 1931, fasc. n° 438, p. 25.

Les rapports en poids de ces différentes parties sont variables selon les variétés de blé. On peut cependant considérer comme moyennes les valeurs du tableau 1, dues notamment à A. GIRARD et LINDET ⁶, FLEURENT ⁷ :

Tableau 1

		Moyennes
Enveloppe	14,36 à 16,36	15,56 %
Amande	82,21 à 84,21	83,01 %
Germe	1,43	1,43 %

Quant à la composition chimique moyenne du grain de blé entier, MIGUET ⁸ l'a condensée dans le tableau 2.

Tableau 2

	Pour 100 grammes :	
	Minimum	Maximum
Eau	8,84	16,90
Matières azotées	7,48	15,58
Hydrates de Carbone	65,41	76,17
Cellulose	1,15	3,94
Matières minérales	1,12	2,56

ENVELOPPE

Histologiquement, l'enveloppe, de l'épaisseur de 1/10^e de millimètre environ, est formée (Travaux de PAYEN, TRECUL, Aimé GIRARD et LINDET, et surtout GUÉRIN ⁹) de l'extérieur vers l'intérieur, par :

1° *L'épicarpe*, formé de cellules épaissies, allongées suivant le grand axe du grain ;

6. GIRARD Aimé et LINDET, *Le froment et sa mouture. Traité de meunerie*, Paris, Gauthier-Villars, 1903, in-8°, 7 + 355 pages, 3 pl., p. 28.
7. FLEURENT Emile, *Le pain de froment. Etudes critiques et recherches sur sa valeur alimentaire selon le blutage et les systèmes de mouture*, Paris, Gauthier-Villars, 1911, in-12, 7 + 223 pages, p. 48.
8. MIGUET Maurice, *Contr. à l'étude comparative de la valeur alimentaire des différentes parties du grain de blé*, 2^e éd. Etabl. Jacquemaire, Villefranche, s. d., p. 15.
9. GUÉRIN Paul, Thèse Doct. Sciences. Paris, Masson, 1899.

2° le *mésocarpe*, formé de deux ou trois assises de cellules de structure analogue ;

3° l'*endocarpe*, à cellules tubulaires constituant le *péricarpe* ;

4° le *tégument séminal* (ancien *testa* d'Aimé GIRARD), formé de deux couches de cellules contenant un pigment brun ;

5° la *bande hyaline* (ancien *endoplèvre*) ;

6° l'*assise protéique*.

L'ensemble des membranes de cette enveloppe répond à la composition du tableau 3, en son état d'hydratation naturelle.

Tableau 3

Eau	11,73 %
Matières azotées	18,87 %
— minérales	4,70 %
— grasses	5,60 %
Cellulose	59,10 %

Les quatre premières sont « faites de ligneux, c'est-à-dire de cellulose à laquelle sont associés en proportion minime des matières azotées, des sels minéraux et de l'eau »¹⁰, comme le montre leur composition au tableau 4. Aussi l'usage habituel rejette-t-il de l'alimentation humaine ces membranes qui participent à la constitution du son.

Les deux dernières couches de cellules de l'enveloppe, qui font également partie du son commercial par suite des procédés actuels de mouture, ont une constitution qui mérite une attention toute spéciale.

La *bande hyaline* est formée de cellules rectangulaires, allongées tangentiellement, aux parois latérales minces, aux parois internes et externes très épaisses.

10. A. GIRARD et LINDET 6, p. 32,

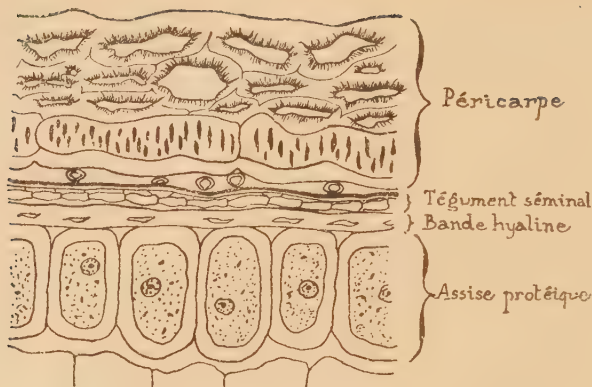


Fig. 2

Coupe transversale schématique des enveloppes
du grain de blé ¹¹.

L'*assise protéique*, ou digestive, ou à diastases, ou couche à aleurone, ou faussement couche à gluten, est formée de grosses cellules cubiques, colorées en jaune, à parois épaisses, contenant un protoplasme huileux avec granulations. En faisant agir le réactif de MILLON elle prend une belle coloration rouge brique (due à la présence de substances azotées, et notamment du groupement tyrosine). Elle adhère intimement à la bande hyaline et l'on ne peut l'en séparer pour en pratiquer une analyse distincte. Pour Aimé GIRARD et LINDET ¹² leur ensemble constitue 8,8 % du grain total et a une composition chimique figurant au tableau 4.

Dans un chapitre spécial (Ch. V) nous reviendrons plus longuement sur cette assise, son assimilation et sa valeur alimentaire.

On voit dès maintenant que la richesse en matières azotées de l'enveloppe totale est de 18,87 %, dont les deux tiers au moins proviennent de l'assise protéique (Aimé GIRARD et LINDET ¹³) et LINDET de remarquer: « Or c'est à un chiffre notablement moindre que s'élève, en général, la richesse en azote, et

11. D'après GUÉRIN ⁹.

12. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 44.

13. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 38.

Tableau 4

Composition des enveloppes du grain de froment

	Composition	Composition de l'enveloppe	Composition du grain	Proportion d'enveloppe non sèche	Proportion dans le grain non sec
Péricarpe					
{ Epicarpe Mésocarpe Endocarpe }	Eau	% 11.33	% 3.58	% 0.504	%
	Ligneux non azoté	78.99	24.43	3.515	
	Matières azotées	7.81	2.41	0.347	31.00
	Matières minérales	1.87	0.58	0.083	4.45
		100.00	31.00	4.450	
Tégument Seminal					
{ Eau	12.00	0.92	0.132		
	Matières non azotées ...	66.32	5.06	0.729	
	Matières azotées	16.18	1.25	0.179	7.69
	Matières minérales	5.50	0.46	0.060	1.11
		100.00	7.69	1.100	
Bande hyaline et assise protéique					
{ Eau	11.79	7.23	1.037		
	Matières cellulosiques ..	48.29	29.61	4.249	
	Matières azotées	24.82	15.21	2.198	61.31
	Matières grasses	9.13	5.60	0.803	8.80
	Matières minérales	5.97	3.66	0.525	
	100.00	61.31	8.802	100.00	14.36

par suite en matières azotées, des farines les plus pures, c'est-à-dire des meilleurs produits alimentaires fournis par la mouture de l'amande. C'est entre 1,9 et 2,2 % que cette richesse en azote oscille d'habitude pour les farines desséchées de première qualité » ¹⁴. « Ce n'est pas tout, et dans cette enveloppe, la combustion directe permet de reconnaître une proportion de matières minérales, particulièrement phosphatées, qui s'élève à 4,50 % » — en réalité, à 4,70 % — et il ajoutait :

« De cette grande richesse de l'enveloppe en matières azotées et en matières minérales résulte, au point de vue de l'étude des procédés de la meunerie, la nécessité de se préoccuper au premier chef de l'introduction de tout ou partie de cette enveloppe dans le compost alimentaire... ». Tel est le problème qu'il s'attachait à résoudre à l'aide des résultats d'Aimé GIRARD, problème que nous reposons, en particulier dans le chapitre que nous réservons à la question du son.

ALBUMEN

A la partie inférieure de l'assise protéique l'albumen soude immédiatement ses premières cellules. C'est à PAYEN que nous devons les premières notions sur l'histologie de l'amande. Cette dernière est formée de grandes cellules polygonales, irrégulières, bourrées de granules d'amidon discoïdaux, enchassés dans une matière granuleuse, de couleur jaune-grisâtre, azotée, qui est le gluten.

Les parois cellulaires très minces, molles et transparentes ont une composition qui présente une analogie remarquable avec la bande hyaline et les parois des cellules de l'assise protéique. Comme celles-ci, c'est non pas de cellulose pure, mais de cellulose pénétrée de matière azotée, qu'elles sont faites (Aimé GIRARD et LINDET ¹⁵).

Aimé GIRARD et FLEURENT ¹⁶ attribuent à l'amande (farine à 70 % d'extraction) la composition rapportée dans le tableau 5.

14. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 30.

15. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 69.

16. A. GIRARD et FLEURENT, Recherches sur la composition des blés tendres français et étrangers, *Bull. du Min. de l'Agric.*, n° 6, 1899. Cité FLEURENT ⁷, p. 50.

Tableau 5

	Blé Stand Up	Blé d'hiver d'Odessa
Eau	14,65	12,50
Matières solubles :		
Sucres, gommes, etc... ..	2,36	2,30
Matières azotées	1,10	1,40
Matières minérales	0,25	0,30
Matières insolubles :		
Gluten	6,58	13,80
Amidon	73,68	68,12
Matières grasses	1,17	1,16
Matières minérales	0,21	0,42

En considérant l'amande dans son ensemble, on constate deux faits importants, selon que l'on examine les cellules de la périphérie ou bien celles du centre. A mesure que l'on se rapproche du centre du grain, les dimensions des cellules croissent; alors que celles de la périphérie constitueront en meunerie les gruaux bis, ou gruaux habillés ou vêtus, celles du centre constitueront les gros gruaux blancs et celles intermédiaires les petits gruaux blancs.

De plus « observés à la périphérie, les grains d'amidon se montrent toujours particulièrement petits (1/100 à 1/150 de millimètre de diamètre), mais aussitôt que l'on s'éloigne et que l'on pénètre vers le centre du grain, on voit les granules amyliques augmenter de volume et se présenter avec leurs dimensions maxima (1/40^e de millimètre) » ¹⁷.

En raison de ces deux dispositions anatomiques on comprend que la coloration plutôt jaune des cellules périphériques tende vers le blanc en allant vers le centre et que la proportion de gluten par rapport à l'amidon croisse du centre à la périphérie. Effectivement « dans une même sorte de grain, COBB ¹⁸ a isolé

17. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 66.

18. COBB N. A., Universal nomenclature of wheat, *Dept. Agric. N. S. Wales Misc.*, Pub. 539 Cité BAILEY ⁶⁰, p. 140,

concentriquement cinq couches de l'amande, et trouvé de l'extérieur à l'intérieur des teneurs en gluten de 16,5 - 13,9 - 9,5 - 8,6 et 7,4 % ».

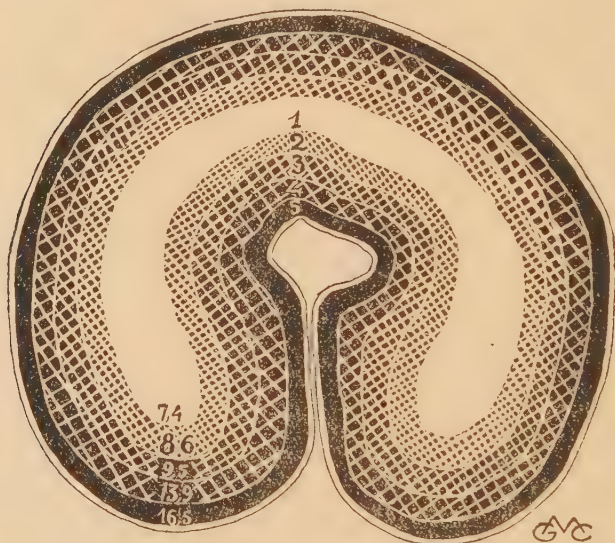


Fig. 3

Coupe transversale schématisée d'un grain de blé, montrant la teneur en gluten des cinq zones arbitraires 19.

« La conséquence de cette observation est que la farine se montre d'autant plus riche en gluten qu'elle provient d'une mouture plus complète, c'est-à-dire d'une mouture à un taux d'extraction plus élevé; ce sont en effet les parties périphériques du grain qui sont attaquées les dernières par les broyeurs à cylindres » conclut LINDET 17.

Cette notion, qu'avait avancée PAYEN, a été confirmée par les travaux de PRILLIEUX, Aimé GIRARD, etc... FLEURENT 20 fournit les chiffres du tableau 6 pour le pourcentage en gluten sec de farines (mouture par cylindres) extraites à 60 et 70 %.

19. D'après COBB 18; reproduit in BAILEY 60, p. 140.

20. FLEURENT 7, *Le Pain de froment*, p. 98.

Tableau 6

	Extraction à :	
	60 %	70 %
Blé Goldendrop	6,90	7,11
— de Bordeaux	8,70	9,00
— Dattel	8,30	8,60
— gris de Saint-Laud	8,00	8,20
— Choice White Bombay ...	8,53	8,77
— Oulka de Bessarabie	11,70	11,90

Ce dernier auteur ²¹ dans le tableau 7 fournit d'autres données qui montrent bien que la teneur en gluten des farines croît, dans la mouture par cylindres, lorsque les régions du grain attaquées sont plus proches de l'enveloppe. BALLAND ²² donne égale-

Tableau 7

	Gluten % de farine	Taux d'extraction 73,17 %
Blé Goldendrop		
2° et 3° broyages	6,36	
4° broyage	7,07	
5° broyage	8,51	
Blé de Bordeaux		74,96 %
2° et 3° broyages	8,28	
4° broyage	8,12	
5° broyage	10,95	
Blé Dattel		74,70 %
2° et 3° broyages	7,83	
4° broyage	8,12	
5° broyage	10,60	
Blé gris de Saint-Laud		71,48 %
2° et 3° broyages	7,37	
4° broyage	7,71	
5° broyage	9,51	

ment les chiffres intéressants du tableau 8. Cette analyse montre

21. FLEURENT ⁷, *Le pain de froment*, pp. 70-71.

22. BALLAND, Sur la valeur nutritive des farines et sur les conséquences économiques d'un blutage exagéré, *C. R. Ac. Sc.*, 22 juin 1896, 122 : 1496-1498,

Tableau 8

	Farine de 1 ^o jet	Remouture des 1 ^o gruaux 2 ^o gruaux		Farine des passages réunis
	70 % de blé	6 % de blé	4 % de blé	80 % de blé
Eau	12,50	12,80	12,30	12,20
Matières azotées to- tales	11,08	11,96	13,43	11,25
Matières grasses ..	1,25	2,60	3,25	1,40
Matières amylacées	74,21	71,39	68,67	74,13
Cellulose	0,32	0,57	0,99	0,34
Matières salines ..	0,64	1,18	1,46	0,68

que non seulement le taux des matières azotées, mais encore ceux des matières grasses et minérales augmentent du centre vers la périphérie de l'amande. Nous aurons à revenir sur cette très importante notion.

EMBRYON

Pour l'embryon nous n'entrerons pas dans le détail de sa constitution botanique et histologique, étant donné que pour l'hygiéniste, comme pour le meunier, une telle dissection serait sans intérêt; pour eux le germe est une entité à laquelle A. GIRARD attribue la composition rapportée au tableau 9.

Tableau 9

	% du germe ²³	% du grain ²⁴
Eau	11,55	
Matières grasses	12,50	0,178
Cellulose	9,61	
Matières azotées	39,07	0,611
solubles 19,75		
insolubles 19,32		
Matières minérales	5,30	0,075
solubles 4,50		
insolubles 0,80		
Matières non azotées solubles (substances ternaires, glycogène) .	22,15	0,318

23. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 61.

24. BOUTROUX L., *Le pain et la panification*, Paris, J.-B. Baillière et fils, 1897, in-12, p. 49.

Cette analyse montre que les cellules du germe comme celles de l'assise protéique sont bourrées de matières azotées; leur richesse « s'élève en moyenne au chiffre considérable de 42,75 % »²⁵, soit près de 45 % du poids du germe.

Elle montre encore la très grande richesse du germe en matières minérales (5,3 %) et en matières grasses (12,50 %). Parmi ces sels minéraux figurent pour plus de moitié des phosphates dont nous envisagerons toute la valeur physiologique dans le prochain chapitre.

De son côté COURBE²⁶ fournit dans le tableau 10 la composition de germes « purs » de meunerie qu'il a examinés.

Tableau 10

	en gr.	% de produit calculé sec
Humidité	12	
Cendres	5,2	5,9
Matières azotées ($n \times 6,25$) ..	42,5	48,3
Extractif à l'éther	12,7	14,4
Glucides amylacés	21,7	24,7
— réducteurs	traces	traces
Saccharose	4,8	5,4
Cellulose	2,1	2,4

Retenons pour le moment la richesse considérable du germe en matières azotées, minérales et grasses, et admirons que la nature ait réuni dans cette partie du grain, aux dimensions si minimes, d'où naîtra toute une plante avec ses racines, sa tige et son épi, tous les éléments nobles de la croissance. Cette seule vue d'observation, dégagée de connaissances scientifiques, doit attirer notre attention sur cette partie du grain; nous verrons que les découvertes médicales modernes justifient amplement cette attitude.

25. A. GIRARD et LINDET⁶, pages 59, 61 et 63.

26. COURBE Jean, *La Farine panifiable et les « améliorants » biologiques de la panification*, Thèse Doct. Pharm., Paris, Vigot Frères, 1934. in-8°, 151 pages, p. 11.

CHAPITRE III

Les constituants du grain de blé Leur nature et leur valeur alimentaire

Dans ce chapitre, nous aurons l'occasion de rappeler parfois la composition, réduite à son expression atomique, des divers constituants du grain de blé (gluten, amidon, graisses, sels), mais nous nous attacherons plutôt à étudier les corps simples qui entrent dans leur composition (acides aminés, phosphates, etc...) ; c'est assurément une notion plus importante à envisager, ces corps simples conditionnant la valeur alimentaire ou pour mieux dire physiologique de ces constituants du grain de blé.

Aussi donnerons-nous à ce chapitre tout le développement nécessaire. De cet examen découlera une appréciation exacte de la valeur alimentaire réelle des diverses parties du grain et, par suite, des diverses farines alimentaires, puisque la mouture permet d'incorporer à la farine ou d'en exclure les parties du grain que l'on veut conserver ou rejeter.

Nous envisagerons successivement les glucides, les protides, les sels minéraux, les lipides, les vitamines et les diastases. Des relations existant entre les proportions ou les constitutions de certaines de ces matières, une telle division est toute factice et nécessitée pour la clarté de cette étude; elle ne pourra pas toujours être strictement observée.

GLUCIDES

Ce sont des composés ternaires, sucres simples ou produits de condensation de sucres simples. Le plus important quantitativement est l'amidon, viennent ensuite la cellulose et divers sucres. Ils forment les deux tiers ou les trois quarts du poids total du grain.

AMIDON

Tableau 11

	FARINE		SON
	la plus fine	grossière	
Eau	15,540	14,250	12,700
Albumine	1,340	1,457	3,525
Glutine végétale	0,760	0,470	5,800
Caséine	0,370	0,280	0,220
Sucre	2,325	2,350	4,320
Graisse	1,070	1,258	3,790
Amidon	63,642	61,794	21,760
Azote total	1,730	2,045	2,780
Fibrine végétale	5,190	5,040	
Gluten non séparable par ma- laxation	3,503	6,601	
Matières azotées insolubles dans l'eau et l'alcool			8,385
Ligneux			30,650

Une analyse de VON BIBRA ²⁷ (tableau 11) confirme, ce que nous savions déjà, que les quantités de matières azotées et minérales croissent du centre vers la périphérie. Elle montre que l'amidon, qui constitue la plus grande partie de l'albumen comme nous l'ont montré les examens histologiques, forme également la presque totalité de la farine, l'eau d'hydratation étant soustraite.

L'amidon est un produit de condensation complexe des oses, très répandu dans la nature et fourni en abondance à la ration alimentaire humaine par les aliments usuels (pomme de terre, etc...). Son assimilation par l'homme est presque totale, lorsque sa proportion dans la ration alimentaire est optima. Ingéré en trop grandes quantités, il provoque un ensemble de troubles que l'on a nommé amidonisme.

En réalité l'amidon serait un mélange d'un très grand nombre de substances ne différant entre elles que par leur degré

27. VON BIBRA. Cité BOUTROUX ²⁴, p. 82.

de polymérisation, et parmi elles, les deux principales seraient (travaux de NAEGLI et de MAQUENNE) : l'une, l'amylose, amidon soluble pur, formé d'un ensemble de substances de même formule. C'est une poudre blanche, fine, soluble en partie dans l'eau froide, en totalité dans l'eau à 100°-120° C, en donnant des solutions limpides, colorée en bleu pur par l'iode ; l'autre, l'amylopectine, substance gommeuse, constituant pour chaque grain d'amidon une série de sacs emboîtés, qui se gonfle dans l'eau chaude, sans se dissoudre sensiblement dans l'eau bouillante et les alcalis. C'est elle qui communique à l'empois d'amidon son aspect, sa consistance et ses propriétés physiques bien connues. L'iode la colore en bleu violacé. Elle entre dans la constitution de l'amidon pour 62 % (SAMEC) ou pour 73,5 % (en opérant par électrolyse)²⁸. L'amylopectine contient une faible quantité de phosphore, correspondant à 0,175 % de P₂O₅²⁸.

L'amidon est, parmi les hydrates de carbone, celui qui dégage le plus de calories par combustion dans la bombe calorimétrique. Cette théorie des calories, à laquelle les hygiénistes d'environ 1900 pensaient pouvoir ramener toute la question alimentaire, a causé de graves méfaits et notamment est intervenue dans le problème qui nous intéresse de la manière la plus fâcheuse. On lui doit en effet, pour une bonne part, l'élimination de la farine de parties hautement alibiles, riches en éléments rares (diastases, vitamines, acides aminés nobles, etc...).

FLEURENT²⁹ étudiant la valeur énergétique des diverses parties du grain de blé, calculait que 1 kg. de farine provenant de la pulvérisation de l'albumen seul possède une valeur énergétique de 3.300 calories, tandis que la valeur énergétique réelle du grain entier, totalisant les calories fournies par

l'albumen :	830,1 gr. à 3.300 calories soit	2.740 cal.
l'enveloppe:	155,6 gr.	13 —
le germe :	14,3 gr.	62 —

n'est que de 2.815 cal.

28. THOMAS, *Manuel de biochimie*, Paris, Masson, 1936, p. 432

29. FLEURENT¹, *Le pain de froment*, p. 63.

et il concluait « Ce qui veut dire que l'introduction de l'enveloppe et du germe dans les produits de mouture a pour effet de faire perdre, par kilogramme d'aliment réel, 485 calories. *Cette perte domine tout le débat et tranche la question d'une façon indiscutable* ». Ainsi étaient condamnés de façon péremptoire et définitive enveloppes et germes qui par leur trop faible teneur en hydrates de carbone, entraînant une moindre richesse calorique, ne paraissaient plus alors dignes d'être conservés dans la ration alimentaire humaine.

Les recherches modernes ont montré la valeur isodynamique des aliments et plus encore s'essayent à discerner dans les phénomènes de nutrition le rôle exact de chaque hydrate de carbone ou protide, et à mettre en valeur certains facteurs impondérables, indispensables à l'organisme humain, tels les diastases et les vitamines; elles ont fait justice de l'intransigeance de cette théorie des calories.

Cependant, comme l'écrivent DESGREZ et BIERRY ³⁰ elles « ne furent pas suffisantes pour nous sortir de l'obsession des calories; il fallut encore constater *les désastres au point de vue nutritif* (PLIMMER) de régimes établis sur la seule base calorique... », et bien des chercheurs lui accordent encore une place trop importante. Il est donc nécessaire de réviser et rapporter les jugements auxquels cette théorie des calories a servi de base.

CELLULOSE

La cellulose constitue la presque totalité des enveloppes du grain, comme nous l'avons vu. Presque toujours elle est alors imprégnée d'hémicelluloses (arabane, xylanes, galactoarabane, mannanes), de lignine, de vasculose et de matières minérales, toutes substances bien ou mal connues, plutôt mal connues ³¹. Elle forme également les parois des cellules de l'albumen et à ce titre on évalue sa quantité à 2 % environ du grain ³².

30. DESGREZ et BIERRY, in ROGER et BINET, *Traité de Physiologie*, Paris, MASSON, 2, 1931, p. 47.

31. JAVILLIER M., Quelle quantité de farine panifiable devons-nous retirer du blé ? *Revue scientifique*, 8 janvier 1927, 65 : 12-20, p. 14.

32. MIGUET 8, p. 20.

La cellulose proprement dite, qui est définie analytiquement par sa résistance à chaud à l'acide chlorhydrique à 5 % et à la potasse à 10 % et par son insolubilité dans les solvants usuels, compte pour 1,6 à 3,7 % du grain entier ³¹. Elle résulte, comme l'amidon, d'une condensation de polysaccharides plus simples, mais il ne s'agit pas ici de maltose; c'est le cellobiose, formé comme le maltose par la réunion de deux molécules de glucose, qui entre dans la constitution de la cellulose ³².

Les ferments digestifs des mammifères paraissent sans action sur la cellulose, alors que dans le tube digestif des herbivores elle subit une dissolution qui, amorcée déjà dans la panse des ruminants, se continue dans l'intestin grêle et le gros intestin; cette dissolution étant probablement due au concours de plusieurs actions microbiennes ³³, encore assez mal connues.

Nous envisagerons au chapitre V le rôle que cette cellulose peut remplir dans l'organisme humain.

SUCRES

Après amidon et cellulose on trouve dans le grain une certaine quantité de sucres.

BALLAND ³⁴, étudiant les sucres des farines, remarquait que le dosage en est délicat et en fixait la quantité de 0,80 à 2,20 % selon le taux d'extraction; il déclarait que « dans les queues de mouture la proportion en est toujours plus élevée que dans les belles farines ».

BOUTROUX ³⁵ fournit les chiffres suivants de glucose pour cent parties de grain de blé :

Grain séché à l'air : 0,51 à 1,39

Grain séché à 100° C : 0,58 à 1,60

Il en précise ainsi le cycle: Au début de la végétation des graminés « il y a formation de sucre réducteur et seulement un

33. THOMAS ²⁸, *Manuel de biochimie*, pages 418 et 420.

34. BALLAND, *Rev. serv. Intend. mil.*, 1892. Cité GALIPPE et BARRÉ ⁵³, 1 p. 139.

35. BOUTROUX ²⁴, pages 77-78.

peu de saccharose. Quand apparaissent les organes de reproduction, la proportion de saccharose augmente considérablement. Ce sucre s'accumule dans la tige jusqu'au moment de la formation de l'amidon dans la graine. À partir de ce moment, il passe dans l'épi puis dans les graines, où il est localisé presque entièrement dans l'embryon. Là il disparaît progressivement à mesure que l'amidon s'accumule dans l'albumen. Quand la graine est complètement mure, elle retient encore une proportion de saccharose » infime dans le cas du blé ³⁶.

Et de conclure « En somme la farine contient une trace de saccharose qui préexistait dans le grain » ³⁵, quant au maltose, dont il notait également la présence, il pense qu'« il ne préexistait pas dans le grain, mais se forme à partir du broyage, par action de l'amylase de formation sur un hydrate de carbone, en présence d'un peu d'eau » ³⁵. C'est à cette opinion que se ralliait FÉNIS DE LACOMBE ³⁷.

COURBE ³⁸ fournit les chiffres personnels (% de matière sèche) du tableau 12.

Tableau 12

Blé indigène	0,35 de saccharose 0,04 de glucose.
Farine extraite à 50 % de ce blé ...	0,077 de glucose.
Farines de blé de provenances diverses	0,07 à 0,14 de glucose soit 0,12 à 0,25 de maltose et 0,20 à 0,25 de saccharose.

Si le taux d'extraction, selon COURBE, n'influe pas sur la teneur en glucose (les issues en contenant une proportion voisine de celle des farines), il n'en est pas de même pour le saccharose. En effet le taux de ce dernier augmente quand le taux d'extraction s'élève. Alors que l'amande centrale a une teneur

36. BOUTROUX ²⁴, pages 75-76. Reproduit par LOEB ³⁹, p. xxv.

37. FÉNIS DE LACOMBE (DE) F., *Contribution à l'étude de la valeur nutritive des céréales*, Thèse Doct. Méd., Paris, (1907-1908, 17, N° 408). Paris, Wattier Frères, juillet 1908, In-8°, 119 pages, p. 15.

38. COURBE ²⁶, pages 57 et 58.

de 0,20 %, les sons en ont en moyenne 1,5 %. LOEB³⁹ trouve la même progression, mais cet enrichissement ne paraît pas pour lui suivre proportionnellement l'augmentation dans les farines du nombre de produits périphériques. Ses essais sur des farines de divers passages, prélevées au cours d'une même mouture, lui permettent de réunir dans le même tableau 13 les valeurs du

Tableau 13

	Sucre diastasique (maltose)	Saccharose
Passage C (Cœur)	1,41 gr.	1,71 gr.
— H	3,26	2,45
— L	4,00	3,00
— O (Queue)	5,74	3,73

saccharose (préformé) et du maltose qui se forme au bout de six heures de contact de la farine avec l'eau, sous l'influence de ses diastases.

Pour cet auteur⁴⁰ les farines type courant contiendraient de 1,5 à 2 % de saccharose par la méthode de LANE et EYNON, mais ce procédé de dosage fournirait des résultats trop élevés.

Les travaux anciens et modernes ont trouvé dans le germe du raffinose (RICHARDSON et CRAMPTON, O'SULLIVAN⁴¹, SCHULZE et FRANKFURT⁴², COLIN et BELVAL⁴³), du dextrose, du saccharose; l'ensemble de ces trois sucres y entrant pour la très forte proportion de 24,35 %⁴⁴. Le germe ne contient pas de levosine, alors que la farine blanche en renferme⁴³.

39. LOEB Jean, *Etude des phénomènes diastatiques dans les farines de froment et contribution à l'étude de la fermentation panair.* Thèse Doct. Sciences, Strasbourg, 1930, in-8°, xxvi + 204 pages, p. 163.

40. LOEB³⁹, p. 155.

41. O' SULLIVAN, *J. of Chem. Soc.*, 1886, **49** : 58 et 70.

42. SCHULZE et FRANKFURT, *Ber. Chem. Ges.*, 1894, **27** : 64.

43. COLIN H. et BELVAL H., Le raffinose dans les céréales, *C. R. Ac. Sc.*, 1933, **196** : 1825-1827.

44. CHEVALIER J. et HEUDEBERT Ch., *L'embryon de blé. Sa composition chimique; sa valeur alimentaire; son utilité thérapeutique.* Rapport présenté au 2^e Congrès de l'Alimentation, Liège, oct. 1911.

Si GUILLEMET, C. SCHELL et P. LE FUR⁴⁵ trouvent que les farines ne contiennent pratiquement pas de raffinose, sans doute est-ce en raison de l'élimination des germes dans la mouture moderne.

Quant au son, particulièrement riche en saccharose, il ne renferme ni levosine ni raffinose, sinon s'il est souillé de débris de l'amande et du germe⁴³.

Les sucres réducteurs, s'ils ne sont pas l'unique source, sont du moins les principaux matériaux servant aux oxydations internes du grain, notamment à la respiration. C'est ainsi que BROWN et MORRIS (1890) considéraient que l'amande n'est pas un tissu vivant, BURLAKOW (198) constata que le germe respire vingt fois plus que l'amande, KARCHEVSKI (1901) qu'il respire douze fois plus que le grain entier⁴⁶.

On a encore trouvé dans le grain de blé du fructose, des gommes et d'autres glucides solubles. Ce sont des produits de condensation, mais de condensation relativement peu avancée, des corps que l'on assimilait aux dextrines, que l'on désignait et dosait même sous ce nom autrefois, et qui sont en réalité des fructosanes; le type en est la lévosine, dont la proportion dans le grain de blé mûr est de l'ordre de 1 %.

COLIN et BELVAL⁴³ ont essayé de schématiser dans le tableau 14 la répartition des différents sucres à l'intérieur du grain.

Tableau 14

	Pouvoir rotatoire		Sucre total	Sucres réducteurs	Saccha-rose	Raffi-nose	Levo-sine
	avant inversion	après t 16°					
Farine blanche.	— 12	— 50	1,0	0,1	0,2	0	0,6
Germes	+ 83	— 4	9,2	0,2	5,2	4	0
Sons (gros)	+ 52	— 19	2,4	0,2	2,0		
— (fins)	+ 51	— 17	2,9	0,2	2,4		

45. GUILLEMET R., SCHELL C. et LE FUR P., Glucides fermentescibles, fermentation alcoolique et production gazeuse en panification, *C. R. Ac. Sc.*, 1934, **198** : 1083-1085.

46. LEGENDRE R., *Les céréales ; biologie et applications* Paris, Colin, 1935, in-16, 218 pages, p. 89.

Parmi ces corps il conviendrait sans doute de classer cette « substance saccharifiable soluble » dont BOUTROUX³⁵ notait l'existence en petite quantité dans la farine et dont il ne précisait pas autrement la nature.

La présence de tous ces glucides, dont la proportion dans le grain est d'environ 2,5 %³¹, mérite d'être mentionnée, car la plupart d'entr'eux représente des stades de formation et de transformation de l'amidon et de la cellulose. Certains auront un rôle important à jouer au cours de la fermentation panaire, comme nous le verrons.

PROTIDES

Nous avons vu que la proportion des matières azotées, faible au centre de l'albumen, est plus importante à sa périphérie et surtout dans l'assise protéique, ainsi que dans le germe.

Le protoplasme de toute cellule vivante étant essentiellement formé de matières protéiques, il y a des protides à proprement parler cytoplasmiques, mais ceux qui dominent et de beaucoup dans le grain de blé, sont des protides de réserve. Cette réserve azotée est essentiellement constituée par le gluten.

GLUTEN

C'est une matière élastique que l'on extrait facilement de la farine en malaxant un pâton sous un mince filet d'eau. Il reste alors entre les mains une masse jaune-grisâtre, dont la composition n'est jamais bien définie, même après un long lavage. Cette masse a la composition du tableau 15, d'après BALLAND⁴⁷ :

Tableau 15

	ECHANTILLONS		
	1	2	3
Eau	8,47	8,35	9,84
Amidon	2,48	4,50	11,75
Matière grasse	3,68	2,80	2,94
Ligneux	1,91	0,90	0,71
Cendres	1,25	0,90	1,00
Gluten (par différence) ..	82,21	82,55	73,76

47. BALLAND A., *Les aliments. Analyse, expertise, valeur alimentaire*. Paris, Baillière, 1907, in-8°, Tom. I : *Céréales*, 7 + 432 pages, p. 125.

D'ailleurs « les expériences de BECCARI ont démontré que la même espèce de céréales peut offrir ou refuser du gluten à la malaxation, selon la nature du sol et la diversité des fumages et des expositions de la récolte » ⁴⁸.

La teneur en gluten d'une farine varie de plus selon d'autres circonstances. C'est un fait d'expérience qu'une farine fraîchement moulue ne possède pas les qualités panifiantes qu'elle présentera au bout de quelques mois. C'est ce qu'OLIVIER DE SERRES ⁴⁹, en son *Théâtre d'Agriculture*, annonçait déjà, disant que « toute farine assaisonnée par longue garde, panifie mieux que la récente ».

RABY ⁵⁰ a cité le cas d'une farine de blé dur de Kubanka, qui contenait un peu moins de 37 % de gluten humide à son entrée en magasin; trois mois après elle en fournissait 39 %, puis 43 % au bout de six mois, enfin 48 % au bout d'un an. La diminution survint alors, mais après deux ans de garde, la farine rendait encore plus de gluten qu'au début.

En général, c'est au bout de deux ou trois mois que les farines possèdent au maximum leurs qualités panifiantes, lesquelles paraissent en rapport avec le pouvoir d'hydratation du gluten. Notons de plus que le gluten se trouve en plus grande quantité dans les variétés de blé dur que dans celles de blé tendre.

Depuis longtemps la pratique avait reconnu que les portions de l'amande situées directement au-dessous de l'assise protéique étaient les plus riches en gluten. Les analyses de BALLAND ⁵¹ ont vérifié ce fait et permis de dresser le tableau 16.

48. BOLAND A., *Traité pratique de boulangerie*, Paris Lacroix, 1860, in-8°, pages 161-162.

49. OLIVIER DE SERRES, *Le théâtre d'agriculture et mesnage des champs...* Nouvelle éd., Paris, Huzard, an XII (1804), 2 vol., in-4°, 671 et 948 pp. C'est la dernière et la meilleure édition, la première a été publiée en 1606, 2, p. 606.

50. RABY, *Union pharmaceutique*, déc. 1885. Cité MANGET Ch., *Contribution à l'étude de la chimie industrielle des farines et particulièrement du gluten et de l'acidité*, Thèse Doct. Pharm. Nancy, 1900-1901, n° 1, 110 pages. Cité aussi MIGUET ⁸, p. 50.

51. BALLAND ³⁴, Cité idem., p. 137.

Tableau 16

MOUTURE PAR CYLINDRES	Gluten		
	humide	Cendres	Graisses
Farine de 1 ^{er} broyage	26,50	0,97	0,80
— des 2 ^e , 3 ^e et 4 ^e broyages ..	32,50	0,95	0,80
— du 5 ^e broyage	45,00	0,90	1,05
— des 1 ^{er} , 2 ^e et 3 ^e passages des gruaux	28,50	0,55	0,54
— du 4 ^e passage des gruaux ..	30,50	0,50	0,62
— du 5 ^e passage des gruaux .	31,50	0,75	1,60
Petits sons		4,83	3,38

Nous avons déjà donné des résultats d'analyses de FLEURENT (tableaux 6 et 7), de VON BIBRA (tableau 11), de COBB (fig. 3) qui ne laissent aucun doute à cet égard. « La conséquence de cette observation est que la farine se montre d'autant plus riche en gluten qu'elle provient d'une mouture plus complète » concluent justement A. GIRARD et LINDET ¹⁷.

GALIPPE et BARRÉ ⁵³ attribuaient au gluten la composition suivante :

C	H	N	O	S
52,6	7	16	24,4	traces

Les notions que l'on possédait jadis sur cette matière azotée étaient bien insuffisantes. BERZELIUS, DE SAUSSURE, BOUSSINGAULT, LIEBIG, BOUCHARDAT, DUMAS, CAHOURS avaient bien réussi à montrer que ce n'était pas un corps simple; RITTHAUSEN, OSBORNE et WOORHES en ont montré la nature complexe.

Il revient à FLEURENT ⁵⁴ le mérite d'avoir scindé le gluten, par action d'une solution alcoolique de potasse, en trois subs-

52. A. GIRARD et LINDET ¹⁷, p. 67.

53. GALIPPE V. et BARRÉ G., *Le pain, aliment minéralisateur. Physiologie, composition, hygiène, thérapeutique*. Paris, Masson et Gauthier-Villars, [1895], in-12, 2 vol., 222 et 215 pages. 2, p. 98.

54. FLEURENT E., Recherches sur la composition immédiate et élémentaire des matières albuminoïdes extraites du grain, des céréales et des graines des légumineuses ; conséquences pratiques de cette étude, *Bull. Soc. Encourag. Indus. Nat.*, mai 1898, 551-587. Reproduit et compl. FLEURENT 7.

tances: gliadine, gluténine et cong lutine, qui jouissent chacune, au point de vue chimique comme à celui de la panification, de propriétés spéciales, et à OSBORNE ⁵⁵, entre autres auteurs, celui d'avoir réussi à décomposer ces trois substances en leurs acides aminés constitutifs.

A. — La *gliadine* se gonfle au contact de l'eau et prend une consistance mielleuse. Elle fait partie du groupe des prolamines, représentées surtout par les protéines du blé, du seigle, de l'orge, du maïs et de l'avoine, solubles dans l'alcool. Insoluble dans l'eau et l'alcool absolu, elle forme la partie soluble, dans l'alcool à 70°, du gluten du blé et sans doute aussi du seigle. Si on la dissout dans la soude étendue, elle est précipitée par le bicarbonate de soude et se dissout alors dans l'alcool à 70°. Egalement soluble dans l'alcool méthylique, propylique et benzylique, ainsi que dans le phénol et le p-crésol, la gliadine du blé est une substance unique (OSBORNE). La prolamine du seigle n'a pas été obtenue pure, mais est sans doute identique ⁵⁶.

Elle ne contient pas de lysine et sa teneur en glyco colle est extrêmement faible, tandis que l'acide glutamique dépasse 37 %. Lévogyre, comme toutes les protéines, elle est celle qui a le plus fort pouvoir rotatoire $\alpha_D = 92$ (solvant: alcool éthylique à 55 %). Son point isoélectrique est au pH 6,5 ⁵⁷, 6,6 ⁵⁸. Son poids moléculaire est au moins de 15.560 (OSBORNE) et peut-être de l'ordre de 125.000 ⁵⁹. On en trouve 3,96 % dans l'amande, et elle est absente dans l'embryon. En solutions aqueuses diluées dans les acides et les bases, la gliadine se comporte comme un sol colloïdal. Elle peut être racémisée par chauffage en solution alcaline diluée.

B. — La *gluténine* est une matière sableuse, inerte, que l'eau ne modifie que légèrement; elle forme la partie principale du résidu de l'épuisement du gluten par l'alcool à 70°.

Elle fait partie du groupe des gluténines végétales, substances insolubles dans l'eau et dans l'alcool, mais se dissolvant dans les alcalis et les acides étendus, d'où on les reprécipite par

55. OSBORNE T. B. *The proteins of the wheat kernel*, Carnegie Institution of Washington, Public. N° 84, Washington, 1907,

56. THOMAS ²⁸, *Manuel de biochimie*, p. 504,

neutralisation. Elle renferme de la lysine et sa teneur en proline est inférieure à celle de la gliadine. Son point isoélectrique est entre les pH 6 et 8, plus exactement (TAGUE⁵⁷) entre 6,8 et 7,0. Son poids moléculaire minimum serait de 36.300 selon COHN⁵⁹ et plus probablement 108.900.

C'est le plus spécifique des protides de la farine. En effet la gluténine ne semble pas exister dans d'autres espèces que celles du genre *Triticum*. Dans les limites de ce genre ses propriétés peuvent d'ailleurs largement varier selon les diverses espèces et même selon les spécimens particuliers d'une même espèce, notamment pour ce qui est de ses propriétés colloïdales⁶⁰.

Les quantités relatives de gliadine et de gluténine contenues dans le gluten varient en raison inverse l'une de l'autre, dans les limites suivantes :

Gliadine	60 à 82 %
Gluténine	40 à 18 %

FLEURENT en dosant ces deux éléments dans des gluts extraits de farines à 60 et à 70 % a observé que la proportion de gluténine augmente avec le taux d'extraction, que le gluten renferme par conséquent plus de gluténine et moins de gliadine à la périphérie qu'au centre⁶¹.

L'élasticité du gluten dépendrait des proportions de gliadine et de gluténine qu'il contient. La prédominance de la gliadine le rend mou et filant, en sorte que la pâte se développe bien pendant la fermentation, mais elle reprend de la compacité par la cuisson tandis que la prédominance de la gluténine le rend dur et cassant, la pâte manque d'élasticité et ne lève pas.

57. TAGUE E. L. ; The iso-electric points of gliadin and glutenin, *J. Am. Chem. Soc.*, 1925, **47** : 418-422. Cité BAILEY 60.

58. ETO I., Beiträge zur Kenntnis des Gliadins, *J. Biochem.* (Japan), 1924, **3**, 373-392. Cité BAILEY 60.

59. COHN E. J., Biochemical methods of characterizing proteins. VII. The molecular weights of the proteins, *J. Biol. Chem.*, 1925, **63**, suppl. xv-xvi.

60. BAILEY C. H., *The chemistry of Wheat Flour*, New-York, Chemical Cat. Comp., 1925, in-8°, 324 pages, p. 251.

61. A. GIRARD et LINDET 6, p. 69.

FLEURENT a établi, et ces chiffres ont été vérifiés par l'expérience, que le rapport le plus favorable à la panification est: gluténine/gliadine = 25/75 ou 1/3. SNYDER ⁶², déterminant par une autre méthode ces deux constituants, est arrivé à la proportion gluténine/gliadine = 35/65; HE ⁶³ à l'aide d'une méthode polarimétrique fixe la limite de la gliadine dans les bonnes farines boulangères à 55-65 % des protides totaux ⁶⁴.

D'après KOOPMANN ⁶⁵, la gluténine est dispersée sous forme de poussières dans la gliadine et son degré de dispersion conditionnerait la qualité du gluten. COURBE ⁶⁶ également estime que « au point de vue physico-chimique, le gluten résulte de la peptisation à la faveur de l'eau, de la gluténine insoluble par l'hydrosol de gliadine.

C. La *conglutine* se trouve dans le gluten, selon FLEURENT ⁶⁷, en proportion très variable: de 1 % dans les blés tendres à 15 et 20 % dans les blés durs. Pour OSBORNE se serait une globuline.

D. — OSBORNE a encore isolé du blé une albumine, la *leucosine*. Le grain entier en contient 0,3 à 0,4 %; la richesse de l'embryon, étant d'environ 10 %, est beaucoup plus élevée que celle de l'amande. On l'a retrouvée dans le seigle et l'orge; son point isoélectrique est voisin de pH 4,6 ⁶⁸. Elle est soluble dans l'eau pure et les solutions salines étendues, mais pratiquement insoluble dans l'alcool dilué.

E. — Cet auteur a encore trouvé dans le blé une globuline, existant au taux de 0,6 % dans le grain, alors qu'il y en a 5 % dans le germe. La composition élémentaire de cette globuline lui a montré qu'elle possédait le plus fort taux d'azote de tous les protides de la farine. Pratiquement insoluble dans l'eau pure, elle l'est dans les solutions salines.

62. SNYDER H., The proteids of wheat Flour, *Minnesota Agric. Exp. Station Bul.* n° 63, 1899, **63** : 519-533.

63. Cité BAILEY ⁶⁰, p. 264.

64. BAILEY ⁶⁰, p. 264.

65. Cité LOEB ³⁹, p. XXI.

66. COURBE ²⁶, p. 49.

67. Cité MIGUET ⁸, p. 18.

68. LUERS H. et LANDAUER M., Der isoelektrische Punkt Des Pflanzlichen Albumins « Leucosin », *Z. Elektrochem.*, 1922, **28** : 342-347,

F. — JONES et GERSDORFF⁶⁹ ont encore découvert une albumine qui forme environ le sixième du stock protidique du son lavé.

G. — Si la farine, du fait de la très faible proportion des noyaux cellulaires dans le parenchyme de l'amande, ne contient qu'en très faible quantité une nucléo-albumine: l'acide tritico-nucléique, il n'en est pas de même du germe, où il fournit le tiers de l'azote total. Il y a été décelé par LEVÈNE et LA FORGE (1910), THOMAS et DOX⁷⁰, et OSBORNE et HARRIS⁷¹ l'ont spécialement étudié. C'est un acide nucléinique spécial, à la fois azoté et phosphoré de formule $C^{41}H^{53}N^{17}P^4O^{85}$, qui se décompose en guanine, adénine et un pentose⁷². Ses solutions ont les propriétés des colloïdes; il semble polybasique et ses sels sont stables.

Tableau 17⁷³

	PROLAMINES			GLUTELINES		
	Gliadine du blé	Hordéine de l'orge	Zéine du maïs	Glutéline du blé	Glutéline du maïs	Leucosine
Glycocolle	0,00	0,00	0,00	0,89	0,25	0,94
Alanine	2,00	1,34	2,23	4,65	—	4,45
Ac. amino-valériani- que	0,21			0,24		0,18
Leucine	5,61	7,00	18,60	5,95	6,22	11,34
Proline	7,06	13,73	9,04	4,23	4,99	3,13
Phénylalanine	2,35	5,48	6,22	1,97	1,74	3,83
Acide aspartique ..	0,58	1,32	1,71	0,91	0,63	3,35
Acide glutamique .	37,33	43,20	31,17	23,42	12,72	6,73
Sérine	0,13			0,74		—
Tyrosine	1,20	4,00	5,35	4,25	3,78	3,34
Cystine	0,45			0,02		—
Lysine	0,00	0,00	0,00	1,92	2,93	2,75
Histidine	0,61	1,28	0,82	1,76	3,00	2,83
Valine	0,21			0,24		0,18
Ammoniaque	5,11			4,01		1,41
Tryptophane	présent (1,0)			présent		présent

69. JONES D. B. et GERSDORFF C. E. F., Proteins of wheat bran. I. Isolation and elementary analysis of a globulin, albumin and prolamine. *J. Biol. Chem.*, 1923, **58** : 117-131. Cité BAILEY 60.

70. THOMAS A. et DOX A. W., Untersuchungen über die Natriumsalze der Nucleinsäure aus Weizenkeimen., *Z. physiol. chem.*, 1925, **142** : 1-13.

71. OSBORNE T. B. et HARRIS I. F., Die Nucleinsäure des Weizenembryos, *Z. physiol. chem.*, 1902, **36** : 85-133. Cité BAILEY 60.

72. LEGENDRE 46, *Les céréales*, p. 48.

73. D'après BAILEY 60, tableau 137, pour les albumines du blé et THOMAS 28, p. 504, pour celles du maïs et de l'orge.

Dans le tableau 17 ont été réunis les pourcentages d'acides aminés fournis à l'hydrolyse par les principaux de ces protides.

De plus OSBORNE a donné la composition élémentaire de ces protides, que nous résumons dans le tableau 18.

Tableau 18 ⁷⁴

	C	H	N	O	S
Gliadine	52,72	6,86	17,66	21,73	1,03
Gluténine	52,34	6,83	17,49	22,26	1,08
Leucosine	53,02	6,84	16,80	22,06	1,28
Globuline	51,03	6,85	18,39	23,04	0,69
Conglutine b ..	49,58	6,80	18,27	23,93	1,42

Le tableau 17 mérite d'être commenté. Il montre que l'apport en acide glutamique est considérable, or « il joue dans l'organisme, sous l'état de glutathion, un rôle très important dans les phénomènes d'oxydoréduction qui président aux synthèses vitales. Cette simple remarque suffit pour montrer combien il est inexact d'apprécier la valeur d'un aliment complexe, en général, et du pain en particulier, en se basant uniquement sur l'énergie potentielle exprimée en calories » ⁷⁵.

En effet, le glutathion est un tripeptide formé d'acide glutamique, de cystéine et de glycocolle, qui peut exister dans les cellules sous deux formes, l'une de thiol, l'autre de disulfure. Son rôle de catalyseur intermédiaire n'est pas encore exactement défini, mais on sait que « en présence d'oxygène moléculaire la forme thiol est oxydée en glutathion sous forme de sulfure en même temps qu'il y a production de peroxyde d'hydrogène, à condition que le fer soit présent... En tout cas, dans les conditions des échanges vitaux de la cellule, le glutathion constitue un véritable système oxydoréducteur réversible » ⁷⁶.

74. OSBORNE ⁵⁵. Cité LEGENDRE ⁴⁶, p. 46, et MOLLARD ⁷⁸, 4, p. 8. D'après BAILEY ⁶⁰, tabl. 137.

75. BRUÈRE P. (Pharm.-Colonel). Les trésors alimentaires du grain de blé. Conf. faite le 29 janvier 1933, *Bull. des Doct. en Pharm.* 1933. Tir. à part de 7 pages.

76. THOMAS ²⁸, *Manuel de biochimie*, p. 562-563.

Ses méthodes de dosage, très délicates, n'ont pas encore permis d'en estimer l'exacte importance. Il est certain que son taux, soit dans le muscle, soit dans le foie, soit dans le sang, varie selon les circonstances. Ainsi BETHOUX et CARRAZ⁷⁷ ont trouvé que dans la tuberculose pulmonaire, la glutathionémie était diminuée. Tout ce qu'on peut dire actuellement, c'est que son rôle dans la vie intime des tissus est capital.

ALEURONE

Dans le germe et l'assise protéique, les matières azotées se trouvent sous forme d'aleurone.

Les grains d'aleurone qui bourrent les cellules de ces régions du grain de blé, et que l'on rencontre dans d'autres végétaux de familles différentes (graines de ricin, de courge, etc...), sont formés d'une substance fondamentale amorphe où figurent une ou plusieurs protéines appartenant au groupe des globulines.

Ils sont limités par une membrane (parfois absente) et contiennent fréquemment des inclusions cristalloïdes de nature protéique et des globoïdes qui sont généralement regardés comme formés par un glycérphosphate, de magnésium et de calcium, avec prédominance du magnésium⁷⁸.

On pourrait représenter l'aleurone par la formule générale: $C^4H^{14}N^2O^3 + S + CaO, P^2O^4$ qui le rend analogue à la fibrine du sang, à la musculine du muscle, à la caséine du lait, à l'ovalbumine⁷⁹.

L'aleurone de blé est difficile à séparer en masse; il existe

77. BÉTHOUX L. et CARRAZ G., La glutathionémie dans la tuberculose pulmonaire, *Bull. Ac. Méd.*, 11 juillet 1933.

78. MOLLARD Marin, *Nutrition de la plante*, Paris, Doin. I. Echange d'eau et de subst. minérales, 1927 — II. Formation des subst. ternaires, 1921 — III. Utilisation des subst. ternaires, 1923 — IV. Cycle de l'azote, 1925, 4 vol. in-16.

79. GALIPPE et BARRÉ⁵³, *Le pain...*, 2: 95, note 2.

cependant dans d'autres graines, aussi donnerons-nous ici la composition de l'aleurone des amandes amères ⁸⁰ :

C	H	N	O	S	Cendres	Ac. phosph.
50,68	6,88	17,97	24,12	0,40	1,42	1,20

Comme « la composition des aleurones d'autres origines diffère peu de celle-ci, il est donc à supposer que c'est aussi, approximativement, celle de l'aleurone du grain de blé » ⁸⁰.

Telles sont les deux principales matières azotées qui figurent dans le grain de blé; elles en constituent la presque totalité. Il doit cependant en exister d'autres. BLISH ⁸¹ étudiant une farine commerciale (standard patent flour) trouve pour cent grammes :

0,002 gr. d'azote sous forme d'acides aminés ;

0,006 gr. environ d'azote sous forme d'acide amide libre

(« free acid amid ») et conclut: « Il y a probablement une quantité considérable d'azote non protéiné qui n'est pas précipitée par la méthode au cuivre, et qui n'est ni de l'azote d'acide aminé ni sous forme de produits peptidés, sa nature est inconnue ».

Les travaux récents ont montré dans le germe l'existence d'autres produits azotés :

des lécithines..... 1,55 % du germe

des cholestérines..... 0,44 % —

des albumines diverses 38,54 %, dont la leucosine, une globuline et deux protéoses ⁸². Le tiers de l'azote total du germe est fourni par l'acide tritico-nucléinique.

BERTRAND et SILBERSTEIN ⁸³ analysant soit le gluten total soit ses composants (gliadine et gluténine) ont trouvé pour leur teneur en cendres les valeurs réunies dans le tableau 19. « On est ainsi conduit à supposer, concluent-ils, que le phosphore

80. BOUTROUX ²⁴, *Le pain et la panification*, p. 44-45.

81. BLISH M. J., A study of the non-protein nitrogen of wheat flour. *J. Biol. Chem.*, 1918, **33** : 551-559.

82. CHEVALIER et HEUDEBERT ⁴⁴.

83. BERTRAND et SILBERSTEIN, Le soufre et le phosphore dans les diverses parties du grain de blé, *Ann. Inst. Pasteur*, déc. 1933, **51** : p. 672.

Tableau 19

	Matière sèche	Pour cent de la	matière sèche		
		Cendres	S	P	S/P
Gluten entier	97,17	0,94	0,926	0,328	2,884
Gluten :					
partie soluble (gliadines)			0,349	0,505	0,691
partie insoluble (gluténines) . .			1,002	0,304	3,296

(Rendement de la farine en gluten: 8,97 %).

contenu dans le gluten s'y trouve, au moins partiellement, à l'état de combinaison organique, peut-être sous une forme analogue à la lécithine ».

En analysant séparément les protides de l'albumen et ceux de l'embryon, on obtient les chiffres très différents du tableau 20.

Tableau 20

	Albumen	Embryon	
Albumines vraies .	0,39	10 %	de substance sèche
Globulines	0,62	5 %	—
Glutélines	4,68	0	
Gliadines	3,96	0	
Protéoses	0,21	3 %	—
	9,86	18 %	—

Les protéines du son ont été étudiées par JONES et GERSDORFF⁸⁴ qui en ont identifié trois: une albumine (16,64 %), une globuline (13,62 %) et une protéine soluble dans l'alcool, la plus importante quantitativement (31,01 %)⁸⁵.

Si nous avons insisté sur les éléments azotés du grain de blé, c'est que ces éléments ont une grande valeur, au point de vue nutritif. Contrairement à l'amidon qui se rencontre aisément dans les autres aliments de la ration humaine, les divers acides aminés que nous venons d'envisager sont assez précieux pour retenir l'attention de l'hygiéniste.

84. MOLLIARD 78, 4 : 24.

85. BAILEY 60, p. 142.

Nous n'ignorons pas que OSBORNE et MENDEL⁸⁶ ont trouvé que la gliadine ne peut suffire aux besoins de croissance, mais qu'elle est capable de maintenir stable le poids. Pour eux, la gluténine seule permet une croissance normale. Depuis, ces auteurs⁸⁷ ont essayé d'expliquer les inconvénients du pain blanc par la pauvreté de ces deux substances protéiques en acides diaminiqes (histidine, arginine, lysine) dont le rôle dans la nutrition est si important⁸⁸.

Nous n'ignorons pas que LESNÉ et CLÉMENT⁸⁹, administrant à de jeunes rats blancs un régime équilibré, où les albuminoïdes sont fournis par des « protéines végétales *pures* (extraites du soja ou du tournesol) » obtiennent une croissance pondérale nettement inférieure à celle obtenue avec les albuminoïdes animales (caséine, peptone de viande, ovalbumine) et que, de plus, « avec le gluten, le résultat est encore plus mauvais, les animaux finissent par mourir », selon leurs travaux.

Lorsque LESNÉ et CLÉMENT⁸⁹ s'empressent de conclure que « les albumines végétales ne peuvent, à elles seules, suffire pendant longtemps au développement et qu'il faut introduire dans le régime une albumine animale », ils se trouvent certes du même avis que CHEVALIER⁹⁰ qui juge que « les farines végétales seules, simples ou associées, ne suffisent pas pour répondre à ce but [constituer un aliment complet] et il faudrait y ajouter une certaine quantité de protéine animale. »

Il est certain que les acides aminés ne sont point tous interchangeables, et même qu'ils ont chacun un rôle bien défini dans la nutrition de nos tissus. L'association, dans la ration alimen-

86. OSBORNE T. B. et MENDEL L. B., *J. Biol. Chem.*, 1912, **12**: 473, *J. Physiol. Chem.* 1912, **80**: 307 et *J. Amer. Med. Assoc.*, 1905, **64**: 1539.

87. OSBORNE T. B. et MENDEL L. B., *J. Biol. Chem.*, 1920, **41**: 451.

88. Le tryptophane étant nécessaire à la croissance, et son taux dans les albumines du blé étant assez faible, on a voulu voir là aussi une raison de l'infériorité des farines. Encore faut-il prendre garde que nos connaissances sur le rôle de chacun des acides aminés sont encore peu développées.

89. LESNÉ E. et CLÉMENT R., Valeur respective des protides [et des hydrates de carbone] dans l'alimentation, *C. R. Soc. Biol.*, 1934, **116**: 1311-1315.

90. CHEVALIER J., Les farines composées alimentaires et la question des vitamines, *Bull. gén. de thérap.*, 1921, **172**: 273-275.

taire du rat, d'albumines animales aux albumines végétales peut se révéler profitable, mais qu'ont de commun ces expériences faites avec des albumines *purifiées* avec la nutrition normale de l'homme, dans la ration duquel interviennent des associations *complexes* d'albumines naturelles ? Pour notre part, nous pensons qu'un protide *isolé* peut être trouvé peu avantageux, alors que son association *naturelle* avec d'autres composants de la ration se peut révéler très profitable. Nous estimons même que la plupart des éléments de notre alimentation tirent leur valeur plus de leur association équilibrée, que d'une valeur intrinsèque propre. Des exemples ne manqueraient pas.

Ce qui nous fortifie dans cette vue, c'est la constatation du parti que certaines peuplades primitives tirent de leur ration lacto-végétarienne; le lait est certes un aliment splendide, équilibré et d'origine animale, mais comment s'expliquer la « forme » étonnante des adolescents et des adultes de ces races, dont la base de l'alimentation est formée de céréales et de fruits ? Comment expliquer l'existence et la vie de certaines sectes mystiques dont l'alimentation est exclusivement tirée du règne végétal ?

Nous pensons, et le développement de cette étude fera comprendre nos raisons au lecteur, que le blé, par ses associations naturelles offre à l'organisme humain une des plus belles réserves nutritives qui se puisse trouver.

Nous nous rallions donc à l'avis de LENGLET⁹¹ qui a la profonde croyance que « l'albumine du blé, lorsqu'elle a subi le travail préparatoire de la panification, est la plus propre à donner à l'organisme les associations moléculaires d'entretien et la plus propre à favoriser sa résistance aux déviations de la nutrition tissulaire et la défense contre les maladies et les états consécutifs à ces déviations ».

91. LENGLET E., La question des farines, *Bull. Soc. Thérap.*, 11 mars 1931, 36 : 84-98.

Tableau 21

	Potasse	Soude	Chaux	Magnésie	Oxyde de fer et de Mn	Chlore	Acide Sulfurique	Acide Phosphorique	Silice
POUR CENT DU POIDS DES CENDRES									
PETZOLDT	25.81	2.68	1.49	12.18	0.15	Traces	0.04	57.31	0.33
RICHON. Blé de Hollande .	6.43	27.79	3.91	12.98	0.50	»	0.27	46.14	0.42
IRDMANN	25.90	0.44	1.92	6.27	1.33	»	»	60.39	3.37
WIELL et { Blé Rouge	21.87	15.75	1.93	9.60	1.36	»	0.17	49.32	»
de {									
FRESENUS { Giessen (Blanc	33.84	»	3.06	13.54	0.31	»	»	49.21	»
THON. Blé de Solz	24.17	10.34	3.01	13.57	0.52	»	»	45.53	1.91
BOUSSINGAULT. Blé d'Alsace	30.12	»	3.00	16.26	»	»	1.01	48.30	1.31
MOLLARD 93	30.51	1.74	2.82	11.96	0.51	0.47	1.32	48.94	1.46
WOLFF 94 { Blé d'Hiver ..	31.16	3.07	3.25	12.06	1.28	0.32	0.39	47.22	1.96
{ Blé d'Eté	30.51	1.74	2.82	11.96	0.51	0.47	1.32	48.94	1.46
POUR CENT DU POIDS BRUT DU BLE									
SCHRUMPF- { Blé Hindi	0.409	0.069	0.222	0.656					
PIERON 95 96 {	à	à	à	a				a	
{ Blé Paladi	0.474	0.071	0.249	0.807				0.807	
	0.482	0.056	0.196	0.804				0.804	
	a	a	a	a				a	
WOLFF 1871	0.508	0.061	0.222	0.817				0.817	
Semoule de Blé 124	0.520	0.050	0.200	0.790				0.790	
	0.144	0.009	0.025	0.083				0.192	

SELS MINÉRAUX

La teneur en cendre d'un blé est variable suivant la variété à laquelle il appartient, suivant la composition du sol sur lequel il a poussé, suivant le climat, les influences météorologiques, etc... et, pour les farines provenant d'un même blé, selon le mode de mouture et le taux d'extraction notamment.

Aussi, bien que LAGATU et MAUME⁹² écrivent avec raison que « les chiffres trouvés par une analyse sont loin d'avoir une valeur absolue et définitive, mais ne sont valables que pour la variété étudiée, dans un sol donné, et non pour l'espèce en général », on pourra d'après le tableau 21 avoir une notion assez exacte de la minéralisation du grain de blé en général.

Tableau 21 (voir page 51).

PÉLIGOT⁹⁷ trouvait les teneurs en cendres suivantes :

Grain entier 21 % dont 8,93 d'acide phosphorique ;

Farine 5,5 % dont 2,33 —

et DEMPWOLF⁹⁸ attribue à la farine et au son (il ne fixe point le taux de blutage ni le mode de mouture) les valeurs reproduites dans le tableau 22.

Tableau 22

	Farine	Son
Oxyde de fer	0,570	0,436
Chaux	6,791	2,502
Magnésie	10,574	17,349
Potasse	32,239	30,142
Soude	0,726	1,080
Acide phosphorique	50,187	49,112

92. LAGATU et MAUME. Cité SCHRUMPF-PIERRON P. 122.

93. MOLLIARD 78, I. p. 41.

94. WOLFF, Aschenanalysen von landwirtsch. Bull. 1871, Verlag Wuegandt und Hempel. Cité LEGENDRE 46, p. 31.

95. SCHRUMPF-PIERRON P., Sur la teneur en minéraux des blés égyptiens, *Bull. Inst. Egypte*, 1932, 14 : 141-151.

96. SCHRUMPF-PIERRON 122 a rapporté les formules minérales de « 12 nouvelles variétés hybrides de blé, créées ces dernières années... récoltées la même année, et ayant poussé sur la même terre, près du Caire » et constaté des « écarts surprenants de minéralisation, dus au seul facteur *variété* ». C'est ainsi que l'on voit le rapport $MgO / K_2O + CaO$ varier de 0,35 à 1,17.

97. PÉLIGOT, *Ann. Phys. Chim.*, 3^e sér., 29 : 33. Cité : VIOLET 3, p. 43 ; et GALIPPE et BARRÉ 53, I, 187.

98. DEMPWOLF 254. Cité : BOUTROUX 24, p. 80. Cf. tabl. 53.

JOLLY⁹⁹ a dressé le tableau 23 donnant les quantités respectives des divers phosphates dans 100 grammes de blé.

Tableau 23

Phosphates alcalins	0,228
— de chaux	0,062
— de magnésie	0,251
— de fer	0,040
— totaux	0,581

Quant au germe, ses cendres sont particulièrement fusibles (sels de K, Ca, Mg, Fe, Mn) et contiennent une forte proportion de phosphates : « 0,741 % d'acide phosphorique » déclare LINDET¹⁰⁰ « dont les 2/3 environ (0,485) sont à l'état de phosphates solubles de Potasse et de Soude, et le dernier tiers (0,256) à l'état de phosphates de Chaux et de Magnésie insolubles, soit pour cent du germe :

Phosphates alcalins	1,17
— alcalino-terreux	0,55 ».

Pour des farines à divers moments de la mouture par cylindre d'un même blé, BALLAND¹⁰¹ a donné les chiffres de cendres rapportés au tableau 16.

Voici encore quelques chiffres que nous lui empruntons¹⁰¹ :

Farine de blé tendre à 80 %	0,60 à 0,90 % de cendres
Farine de blé dur à 88 %	1,10 à 1,30 % —
Farine de meules [70 %]	0,50 à 0,75 % —
Farines de cylindres [1 ^{re} marque]	0,30 à 0,50 % —

JOULIE¹⁰² analysant des blés de Russie (riches en gluten) a résumé dans le tableau 24 les teneurs d'acide phosphorique de 100 gr. de matières en état d'humidité naturelle.

99. JOLLY Léopold, *Les phosphates, leurs fonctions chez les êtres vivants*, Paris, Carré, 1887, in-4°, XII + 584 pages p. 327.

100. A. GIRARD et LINDET⁶, p. 60.

101. BALLAND³⁴. Cité idem., p. 131-132.

102. JOULIE, *Traité d'Urologie*, Cité FENIS DE LACOMBE³⁷, p. 78.

Tableau 24

	Acide phosphorique %
Blé entier	0,794
Son	2,480
Farine extraite à 74 %	1,244
— — à 72 %	0,640
— — à 68 %	0,642
— — à 65 %	0,260

BERTRAND et SILBERSTEIN¹⁰³ ont étudié minutieusement le taux de phosphore et celui de soufre dans les divers produits de mouture¹⁰⁴. Leurs résultats sont consignés dans le tableau 25.

Tableau 25

	Matière sèche	Pour cent de matière sèche			
		Cendres	S	P	S/P
Grain entier	87,1	1,92	0,161	0,476	0,338
Son (gros son)	88,37	7,19	0,123	1,368	0,090
Recoupettes (sons fins) .	88,78	6,93	0,131	1,485	0,099
Gros remoulages ou remoulages bis ou bâ-tards	88,67	5,71	0,167	1,239	0,135
Remoulages blancs ou remoulages fins	88,50	5,03	0,206	1,200	0,172
Farine (à 68,2 % d'ex-traction)	87,27	0,72	0,190	0,183	1,039
Germes ou embryons ..	87,42	5,55	0,231	1,298	0,178

Ils en tirent pour conclusion que « le soufre et le phosphore sont localisés d'une manière très différente et, en quelque sorte inverse, dans les parties du grain examinées. Les téguments... représentent les parties les plus pauvres en soufre et les plus riches en phosphore. La farine... est au contraire riche en soufre et la

103. BERTRAND et SILBERSTEIN⁸³, p. 671.

104. GALIPPE et BARRÉ⁵³, *Le pain...*, I, p. 84-85.

plus pauvre en phosphore. Les remoulages... ont une teneur intermédiaire. Les germes ont une forte teneur en soufre et en phosphore ».

Il convient, ayant remarqué la richesse en phosphates des parties périphériques de l'amande, des couches internes de l'enveloppe et surtout du germe, de considérer le rôle important que ces sels jouent dans l'organisme humain. GALIPPE et BARRÉ ¹⁰⁵ envisageaient ainsi le rôle du phosphore : « En dehors de tout état pathologique amenant la déperdition des phosphates de l'organisme, il importe de rappeler que le seul fait de l'activité vitale oxyde le phosphore intégrant et que celui-ci combiné aux bases diverses, tend à être continuellement rejeté au dehors. Ceci revient à dire que dans l'état de santé, l'énergie disponible est en raison directe de la quantité ingérée d'acide phosphorique, immédiatement utilisable... Une alimentation riche en acide phosphorique correspond à un équilibre parfait des diverses parties de l'organisme avec supplément utilisé en dépenses musculaires et intellectuelles; tandis qu'une alimentation trop pauvre ou simplement pauvre en acide phosphorique correspond à la déchéance fatale de l'économie. »

BAUD ¹⁰⁶ en 1898 insistait déjà sur cet élément précieux : « Selon MÈGE-MOURIÈS il [le phosphore organique] serait, dans le grain des céréales aussi bien que dans l'œuf des animaux, l'initiateur dynamique et le premier aliment, la gangue vitale en un mot de l'embryon naissant. Selon lui encore, le groupe spécial de corps gras auquel ce phosphore est combiné moléculairement jouerait dans l'alimentation normale le rôle élevé de nutriment spécial des appareils nerveux, d'où l'élucidation imprévue de certains phénomènes connus de l'alimentation insuffisante, d'où l'importance nosologique du fait directement constaté par lui et par d'autres encore de l'abaissement du phosphore intégrant dans les organismes soumis à certaines conditions de débilité hygique ou morbide. »

106. BAUD, Emploi thérapeutique de corps gras phosphorés extraits de la moëlle allongée de Mammifères herbivores, *C, R, Ac. Sc.*, 3 mai 1858, 46 ; 858-859,

Innombrables sont les médications phosphatées que l'arsenal thérapeutique moderne offre à l'indécision du médecin praticien; encore faudrait-il ne point mésestimer cet avis que formulait FENIS DE LACOMBE¹⁰⁷ « ...mais ne vaut-il pas mieux introduire le phosphore sous une forme plus directement assimilable, sous forme de combinaisons organiques, en alimentant le malade, plutôt qu'en le médicamentant ? »

Nous ne saurions envisager ici les travaux qui, vérifiant les vues précédemment exposées de BAUD, GALIPPE et BARRE, etc., ont démontré le rôle primordial des phosphates et leur nécessité d'être administrés à l'état naturel, associés aux protides, pour être assimilés.

Il est donc intéressant de comparer la teneur en phosphates de divers aliments usuels avec celle du blé et des farines. Faisons donc figurer ici deux tableaux dressés, l'un (tableau 26) par GALIPPE et BARRE¹⁰⁸ de la teneur en acide phosphorique de 100 parties de cendres, l'autre (tableau 27) par BALLAND¹⁰⁹ de la richesse en anhydride phosphorique (P_2O_5), des principaux aliments. On voit que le blé arrive en tête, avec le fromage et les lentilles sèches et que tous les autres aliments viennent bien après.

Tableau 26

Froment	62,59
Jaune d'œuf	60,16
Chair musculaire (moyenne)	43,40
Haricots, lentilles (moyenne)	35,40
Lait de vache	28,04
Champignons	15,43
Pommes de terre	11,91
Légumes verts	7,65 à 24

107. FENIS DE LACOMBE³⁷, p. 94.

108. GALIPPE et BARRÉ⁵³, *Le pain*..., I. p. 47.

109. BALLAND A., Sur la distribution du phosphore dans les aliments, *C. R. Ac. Sc.*, 1906, **143** : 969-970.

Tableau 27

Blé	0,65 à 1,11
Haricots, lentilles jusqu'à	1,35
Fromages	0,68 à 1,81
Pois	0,61 à 1,00
Fruits, maximum	0,10
(sauf amandes, noix	0,90)
Légumes verts, maximum	0,18 à 0,20
Viandes, maximum	0,45

RENGNIEZ ¹¹⁰, dans une thèse intéressante, a étudié la teneur en acide phosphorique de diverses farines alimentaires. Il a condensé dans le tableau 28 les résultats de ses analyses.

Tableau 28

Teneur pour cent	Acide phosphorique			Acide phospho- organique de
	total	lécithique	nucléinique	POSTERNAK ¹¹¹
Farine d'embryons de blé	2,895	0,026	0,700	2,169
— de blé deuxième	0,420	0,010	0,050	0,360
— de gruaux de blé	0,210	0,010	0,160	0,184
— de blé supérieure	0,188	0,008	0,023	0,157

D'ailleurs il n'a pas borné ses recherches aux seules farines de blé, mais a examiné de nombreuses autres graines (légumineuses, etc...). Or, celle qui par sa richesse considérable, unique, en phosphates organiques se remarque en tête de toutes les autres, est la farine d'embryons de blé. C'est ce qui explique que ce soit essentiellement du blé que l'on extrait un mélange des sels de chaux et de magnésie de l'acide inosito-phosphorique, découvert par POSTERNAK, et par lui dénommé phytine, dont les propriétés en font le meilleur des reminéralisateurs et un excellent fortifiant.

110. RENGNIEZ P., *De l'acide phosphorique dans les principales farines alimentaires commerciales*, Thèse Doct. Pharm., Paris, Davy, 1911, in-8°, 45 pages, p. 42.
111. Encore appelé par RENGNIEZ, acide anhydro-oxyméthylène-disphosphorique, ou, hexa-inosito-phosphorique.

Durant la maturation du grain, la teneur en phytine augmente, alors que celle en cendres diminue du fait de l'augmentation en matières organiques plus rapide que celle des sels minéraux ¹¹².

La localisation exclusive de la phytine dans l'embryon et l'assise protéique explique que ARBENZ ¹¹³ en ait trouvé dans les sons environ 5 %, dans la farine entière 0,5 % et dans les farines de faible taux d'extraction seulement 0,2 %. Encore mieux que toutes les analyses ci-dessus, ces résultats illustrent le gaspillage que commet actuellement l'homme en rejetant des farines qui servent à son alimentation ces précieux phosphates assimilables, introuvables ailleurs et qu'il est ensuite dans l'obligation de demander à la thérapeutique (sous une forme coûteuse, illogique et toujours moins efficace, parce que non associée naturellement aux autres composants minéraux et azotés).

CUIVRE

Outre les sels du tableau 21, citons encore le cuivre, que DESCHAMPS ¹¹⁴, dès 1848, estimait devoir se rencontrer « dans les parties azotées des plantes ». GALIPPE et BARRE ¹¹⁵ donnent des teneurs variant de 0,010 pour un blé du centre à 0,005 pour un blé de Californie, avec une moyenne de 0,00715 pour nos blés français (chiffres exprimés en grammes de cuivre par kilogrammes de blé). La moyenne pour le son est de 14 mgr. et de 8,4 mgr. pour la farine (par kgr.). Ces auteurs ¹¹⁶ rapportent les résultats suivants :

	Teneur en cuivre par kilogramme	
	SARZEAU et MEISNER	DESCHAMPS
Froment	4,6 mgr.	4 mgr.
Farine de froment .	0,6 mgr.	

112. THOMAS ²⁸, *Manuel de biochimie*, p. 453.

113. ARBENZ. Cité LOEB ³⁹, p. XXII.

114. DESCHAMPS, Mémoire prés. à l'Ac. de Méd. sur le cuivre physiologique, *Bull. Ac. Méd.*, 1848, **13**: 542-544..

115. GALIPPE et BARRE ⁵⁸, *Le pain...*, **2**, p. 190.

116. GALIPPE et BARRE ⁵⁸, *Le pain...*, **2**, p. 181 et 183,

Récemment GREAVES et ANDERSEN ¹¹⁷ analysant des échantillons de blé et de terrains de l'Utah trouvent que le taux de cuivre de ces blés varie de 5,6 à 16,7 mgr. par kilogr., avec une moyenne de 8,8 mgr. Ils ne voient aucune relation entre la teneur en cuivre du grain et celle du sol sur lequel il a poussé: « Seize variétés de blé, poussées sur le même terrain, et dans des conditions identiques, ont fourni des variations de teneur en cuivre de 5,6 à 16,7, avec une moyenne de 9,7 mgr. Il apparaît que la variété du grain est le principal facteur du taux de cuivre dans les grains poussés dans l'Etat d'Utah ».

FER

Ce métal a été décelé aux doses suivantes par KUGELMASS ¹¹⁸:

Blé entier 5,0 mgr. par 100 gr.

Farine de froment: moins de 2,5 — —

ce qui place assurément le blé après certains organes (rein, rate, foie) et le jaune d'œuf, mais au niveau du cerveau, des pois secs, avant légumes et fruits.

TISDALL, DRAKE, SUMMERFELDT et BROWN ¹¹⁹ remarquent que « malheureusement la farine blanche et les céréales finement moulus ne contiennent que de très minimes quantités de cet élément, étant donné que la majeure partie du fer se trouve dans le germe et dans le son rejetés ». Analysant un biscuit qu'ils préconisent pour fournir au régime normal les sels et les vitamines qui lui font défaut, ils trouvent que sa teneur est de 5 mgr. de fer pour 100 gr., et en concluent « le fer est largement fourni par le germe de blé et le blé entier ».

ROSE et VAHLTEICH ¹²⁰ ont dosé ces deux métaux dans divers échantillons de blé entier, de son et de farine blanche. Leurs

117. GREAVES J. E. et ANDERSEN A., Influence of Soil and Variety on the Copper Content of Grains, *J. Nut.*, fév. 1936, **11**: 111-118.
118. KUGELMASS I. N., *Clinical Nutrition and Feeding in Infancy and Childhood*, Philadelphie, Lippincott, 1930.
119. TISDALL F. F., DRAKE T. G. D., SUMMERFELDT P. et BROWN A., A new whole wheat irradiated biscuit, containing vitamins and mineral elements, *Canad. Méd. Assoc. J.*, 1930, **22**: 166-170.
120. ROSE M. S. et VAHLTEICH E. M., Factors in Food Influencing Hemoglobin régénération. I. Whole Wheat Flour, white Flour, prepared Bran and Oatmeal, *J. Biol. Chem.*, juin 1932, **96**: 593-608,

résultats, exprimés en mgr. pour 10 gr. de produit séché à l'air, sont reproduits dans le tableau 29.

Tableau 29

	Fer	Cuivre
Blé entier (moulu) N° 1	0,34	0,071
— — — N° 2	0,32	—
Farine blanche N° 1	0,05	0,022
— — — N° 2	0,05	0,026
Son préparé	1,10	0,068

BROME

D'après DAMIENS et BLAIGNAN ¹²¹, pour 100 gr. de substance sèche, la teneur en mgr. de Brome est la suivante :

Blé et graines de pois	0,21
Pain	0,09 à 0,61

MAGNESIE

La teneur en magnésium d'un blé est variable comme pour les autres sels avec la variété. Le professeur SCHRUMPF-PIERON ¹²² ayant étudié la minéralisation de blés égyptiens, en tire l'importante conclusion que voici : « Il en résulte qu'il y a des variétés de blé qui sont inaptes à assimiler la magnésie, alors que leur affinité pour les autres métaux n'est pas modifiée dans les mêmes proportions... Il est donc inexact d'admettre qu'on puisse, rien qu'en modifiant la composition du sol par des engrais minéraux, obtenir une minéralisation voulue d'une plante ».

Cet auteur s'étant appliqué à étudier la minéralisation et notamment la teneur en magnésium de différents légumes et aliments, constate que « les céréales constituent pour l'organisme humain le principal apport en magnésium, seul contrepois de l'excédent de potasse que lui confère presque tout le reste de

121. DAMIENS et BLAIGNAN. Cités THOMAS 28, p. 466.

122. SCHRUMPF-PIERON P., Effet du facteur « variété » sur l'équilibre minéral des blés, *C. R. Soc. Biol.*, 16 déc. 1932, 111: 846-848.

la nourriture, apport qu'aucune drogue « minéralisante » ne peut remplacer » ¹²². En effet voici reproduits dans le tableau 30 les résultats d'analyses de l'Institut Pasteur de Lille qu'il rapporte (pour cent de produit brut) ¹²³.

Tableau 30

	Potasse K ² O	Soude Na ² O	Chaux Ca O	Magnésie Mg O	Acide phosphorique P ² O ⁵
Carottes ..	0,383	0,134	0,035	0,030	0,101
Poireaux .	0,510	0,029	0,106	0,032	0,112
P o m m e s					
de terre.	0,515	0,007	0,018	0,031	0,100
Epinars .	0,550	0,274	0,454	0,180	0,180
Betteraves.	0,430	0,210	0,055	0,046	0,070
Céleris ...	0,470	0,139	0,122	0,029	0,182
Navets ...	—	—	0,070	0,038	—
Salades ..	0,378	0,150	0,080	0,036	0,078
Choux ...	0,470	0,022	0,047	0,037	0,150
Blé	0,450	0,081	0,044	0,176	0,690

De plus il a mis en évidence une relation entre les teneurs en potasse, chaux et magnésie des aliments, qui ne serait pas sans avoir une grande influence sur l'organisme humain. C'est la « formule $MgO/K^2O + CaO$; du point de vue de l'hygiène alimentaire, je suis arrivé à établir le principe qu'elle est d'autant plus favorable que le nombre de molécules de Magnésie s'approche plus du nombre des molécules de potasse et de chaux réunis » (exprimés en milligrammes équivalents) ¹²³.

Et il fournit quelques exemples parmi lesquels nous puisons les chiffres du tableau 31. Ils montrent de manière probante à ses yeux l'effet pernicieux que peut avoir sur la santé du consommateur l'usage d'un blé comme l'hybride 23, que sa facilité à pousser en tous terrains a fait largement cultiver, alors que les blés égyptiens par leurs heureux rapports minéraux contribuent à un bon équilibre minéral de l'organisme humain.

123. SCHRUMPF-PIERRON 95, p. 147.

Tableau 31

	Potasse	Chaux	Magnésie	Acide phosphor.	Mg O K ² O + Ca O
	0,409	0,069	0,222	0,656	0,91
Blé Hindi (supérieur) ..	à	à	à	à	à
	0,474	0,071	0,249	0,807	1,03
	0,482	0,056	0,196	0,804	0,79
Blé Baladi (inférieur) ..	à	à	à	à	à
	0,508	0,061	0,222	0,817	0,94
Manitoba (Canada)	0,412	0,063	0,210	0,676	0,95
Blé (analyse de WOLFF, en 1871)	0,520	0,050	0,200	0,790	0,85
Blé du N.-Est de France analyse de l'I. P.	0,450	0,044	0,176	0,690	0,78
Hybride 23	0,472	0,098	0,150	0,659	0,52
Semoule de blé ¹²⁴	0,144	0,025	0,033	0,192	0,42

Non seulement certaines variétés de blé font varier la formule de SCHRUMPF-PIERRON en dehors de la zone optima d'équilibre, mais la mouture agit encore défavorablement sur elle. L'exemple de la semoule de blé, que nous lui empruntons et rapportons dans ce même tableau 31, le montre nettement.

Il est, de plus, important de remarquer que, dans le grain, la magnésie n'a pas une répartition identique à celle de la chaux. En effet les analyses de DEMPWOLF (tableau 53) montrent que la teneur en magnésie augmente avec le taux d'extraction, alors que la teneur en chaux diminue. Ces résultats ont été vérifiés par TELLER ¹²⁵ et par GROSSFELD ¹²⁶. Ce dernier trouve que la farine fleur a une teneur à peu près égale en magnésie et en chaux, alors que les cendres des farines à taux élevé contiennent près de deux fois plus de magnésie que de chaux ¹²⁷.

124. SCHRUMPF-PIERRON P., Des causes de la rareté du cancer en Egypte, *Bull. Inst. Egypte*, 1932, **14**: 177-187.

125. TELLER G. L., Concerning wheat and its products, *Ark. Agric. Exp. Station Bull.* n° 42, part. 2. Cité BAILEY 60.

126. GROSSFELD J., Einige Erfahrungen bei der Untersuchung und Beurteilung von Backwaren, *Z. ges. Getreidew.*, 1920, **12**: 73-84. Cité BAILEY 60.

127. BAILEY 60, p. 152.

MANGANESE

Le pharmacien-colonel BRUÈRE ¹²⁸, directeur du Laboratoire de l'Intendance militaire à Paris, a consacré une étude minutieuse au dosage et à la répartition du manganèse dans les différentes parties du grain. Nous empruntons à son travail le tableau 32. « Les écarts constatés, uniquement pour des blés

Tableau 32

Taux en Mn.		Répartition dans le blé pour 100 de produits secs	
Albumen	0,7 mgr.	$0,7 \times \frac{83}{100}$	0,581
Enveloppe	13 mgr.	$13 \times \frac{15,5}{100}$	2,015
Germe	19 mgr.	$19 \times \frac{1,5}{100}$	0,285
Total			2,881

indigènes à cassure opaque et farineuse, ont oscillé entre 2,5 (gros blés) et 3,9 (blés petits) ». La répartition à l'intérieur du grain est assez importante pour que nous rapportions encore

Tableau 33

Albumen

Zone centrale (fleurante)	$0,4 \times \frac{50}{100}$	0,20 mgr.
Zone médiane (ronde)	$0,8 \times \frac{35}{100}$	0,28 mgr.
Zone périphérique (gruanteuse)	$1,4 \times \frac{15}{100}$	0,21 mgr.
Total pour 100 gr.		0,69 mgr.

128. BRUÈRE P., Taux et répartition du manganèse dans le grain de blé, *C. R. Ac. Sc.*, 29 janvier 1934, **198**: 504.

les tableaux 33 et 34. « Dans l'albumen, le taux du manganèse croît de la partie centrale très amylacée à la périphérie granuleuse, en suivant l'augmentation des cendres et des protéides. L'enclassement des cellules de la région périphérique de l'albumen par celles de l'assise à diastases justifie le taux plus élevé du manganèse. Dans l'enveloppe, la partie externe (péricarpe et tégument séminal) est cellulosique, la partie interne (endoplèvre et assise à diastases) est riche en principes à caractère lipidique, dont le taux suit toujours celui du manganèse, même si les cendres ne s'élèvent pas parallèlement ».

Tableau 34

Enveloppe externe	6,5 mgr.	$\times \frac{38}{100}$	2,47 mgr.
— interne	17 mgr.	$\times \frac{62}{100}$	10,54 mgr.
Total pour 100 gr.			13,01 mgr.

Bien plus, ayant étudié les farines et les issues provenant d'un blé préalablement étalonné comme teneur en manganèse, il voit que « la répartition dans les différents produits de mouture est variable suivant l'outillage des moulins, pour une même installation suivant le diagramme de mouture et la séparation plus ou moins différenciée des produits fabriqués ».

En effet « pour un même rendement, une farine de meules contient sensiblement plus de cendres et de manganèse (20 à 30 % en plus) que la farine de cylindres; les résultats obtenus avec la farine de « Soder » sont également légèrement supérieurs à ceux de la farine de cylindres. Dans tous les cas, les proportions de cendres et de manganèse *augmentent avec le taux d'extraction* » écrit justement COURBE¹²⁹, en se basant sur les chiffres du tableau 35.

129. COURBE 26, pages 34-36.

Tableau 35

Taux d'extraction (rendement en farine % kg de blé)	Teneur en cendres (en gr. % de farine à 15 % d'eau)	Teneur en manganèse (en mg % de produit sec)
20 à 40 %	0,38 à 0,40	0,40 à 0,43
40 à 45 %	0,40 à 0,41	0,43 à 0,46
45 à 50 %	0,41 à 0,42	0,46 à 0,50
50 à 55 %	0,42 à 0,44	0,50 à 0,55
55 à 60 %	0,44 à 0,46	0,55 à 0,58
60 à 62 %	0,46 à 0,47	0,58 à 0,60
62 à 64 %	0,47 à 0,49	0,60 à 0,63
64 à 66 %	0,49 à 0,51	0,63 à 0,66
66 à 68 %	0,51 à 0,53	0,66 à 0,71
68 à 70 %	0,53 à 0,56	0,71 à 0,77
70 à 72 %	0,56 à 0,60	0,77 à 0,84
72 à 74 %	0,60 à 0,66	0,84 à 0,92
74 à 76 %	0,66 à 0,73	0,92 à 1,00
76 à 78 %	0,73 à 0,80	1,00 à 1,10
78 à 80 %	0,80 à 0,90	1,10 à 1,30

Ce même auteur ¹²⁹, comparant la marche des taux de cendres, de manganèse et de graisses, selon les taux d'extraction, a établi le tableau 36 qui lui fait estimer que « les résultats du

Tableau 36

REMOULAGES			SONS FINS			SONS GROS		
Cendres	Mn.	Graisses	Cendres	Mn.	Graisses	Cendres	Mn.	Graisses
2,75	9,15	4,06	4,97	13,70	5,48	6,50	11,20	3,86
3,07	9,80	4,60	5,62	14,00	5,57	6,92	12,50	4,22
3,72	9,75	4,60	4,73	14,20	5,80	6,46	10,45	3,74

manganèse suivent plus exactement ceux des matières grasses que ceux des cendres »; cependant constatant que « sur une même farine, on trouve aux divers échelons de tamisage des différences plus sensibles pour les résultats de manganèse que pour ceux de cendres » il propose d'utiliser la teneur en manganèse d'une farine pour en apprécier le taux d'extraction, ce qui lui paraît plus exact qu'en faisant appel au taux de cendres,

Tableau 37

Tamissage	Cendres (en gr. % de produit sec)	Manganèse (en mg. % de produit sec)
Refus tamis n° 120 ..	1,04	2,80
— — n° 150 ..	1,03	2,50
— — n° 200 ..	0,895	1,45
Passage au n° 200 ..	0,88	1,12

conformément aux données du tableau 37 qui se rapporte à une farine seconde.

Le tableau 38 donne les valeurs fournies par Mc HARGUE ¹³⁰ pour la teneur en quelques-uns de ces métaux des parties du grain (exprimée en mgr. par kgr.).

Tableau 38

	Cuivre	Fer	Manganèse	Zinc
Germe	46	270	150	160
Son	16	210	125	75
Farine	traces	24	10	22

S'exprimant à propos de ces sels minéraux, LOEB ¹³¹ écrit : « On sait fort peu de la forme exacte sous laquelle ces éléments se trouvent dans les farines, mais il est à peu près certain que la presque totalité se trouve liée à la partie organique. Au contact de la farine avec l'eau, il y a hydrolyse par action enzymatique avec libération de la partie minérale, phénomène qui peut être démontré par les mesures de conductibilité électrique par exemple. Au cours de cette hydrolyse, il y a libération du phosphore principalement aux dépens de la phytine, des phosphatides, des acides nucléiniques, de l'assise protéique et de l'amylopectine. »

On peut s'expliquer ainsi la valeur et l'activité de ces sels minéraux, et des phosphates notamment, agissant en quelque sorte à l'état natif, soit dans la fermentation panaire, soit dans la nutrition humaine.

130. Mc HARGUE J. S., *The significance of the occurrence of copper, iron, manganese and zinc in forage crops and cereals*, Comm. à l'Amer. Chem. Soc., Ithaca, N. Y. Cité BAILEY ⁶⁰.

131. LOEB ³⁹, p. XXIV.

LIPIDES

ACIDES GRAS ET ACIDITE DES FARINES

La majeure partie des matières grasses se trouve dans l'assise protéique et surtout dans le germe, ainsi que nous l'avons déjà vu notamment par le tableau 16.

En isolant ces matières grasses par pression, elles constituent une huile qui possède une agréable odeur de noisette lorsqu'elle est fraîche. Cette essence odorante qui git dans le germe, sinon exclusivement du moins principalement, communique à la farine nouvellement moulue et bien fabriquée, un parfum déclaré de noisette qui la caractérise. Ce fait constaté par M. Lucas, directeur de la Commission des farines dite des Douze marques, selon A. GIRARD et LINDET¹³², peut l'être par toute personne familière du travail du minotier. BONNARD-LURÇAT¹³³, meunier, constatait également: « Depuis plus de cinquante ans, nous avons eu à remarquer, sans y prêter suffisamment d'attention, qu'en arrivant au passage des semoules où se tient le germe, on recevait une bonne odeur qui suivait toujours les farines et procurait au pain d'alors un goût exquis qui ne se rencontre plus aujourd'hui ».

Dès 1889, DOULIOT¹³⁴ avait isolé cette huile, à laquelle FLEURENT¹³⁵ attribue des propriétés dont l'importance doit nous arrêter :

1° Elle rancit à l'air. « Sirupeuse au moment où elle vient d'être extraite, dit A. GIRARD¹³⁶, elle ne tarde pas à se modifier au contact de l'air; en deux ou trois jours elle devient visqueuse, épaisse et bientôt se montre remplie de matières résineuses, solidifiées et insolubles dans la benzine. En même temps le parfum agréable qui la caractérisait à l'origine disparaît pour faire place à l'odeur connue des graisses rancies ».

132. A. GIRARD et LINDET 6, p. 56.

133. BONNARD-LURÇAT J.-B., meunier à Ebreuil (Allier), *Les erreurs de la meunerie et les défauts de la mouture*; Vichy, Collon, 1905, in-12, 246 pages, p. 93-94.

134. DOULIOT. Cité GARRIGUES¹⁵⁰, p. 222.

135. FLEURENT 7, *Le pain de froment*, p. 66.

136. A. GIRARD et LINDET 6, p. 64.

C'est à ce phénomène qu'est attribué le rancissement des farines par A. GIRARD, LINDET, FLEURENT, etc... Aussi, pour ces auteurs, doit-on éliminer le plus possible de la farine les parties du grain qui lui donnent naissance, sous peine de lui donner une saveur et une odeur inacceptables au bout de peu de temps.

Et cependant OLIVIER DE SERRES ¹³⁷ n'avancait-il pas « la farine se conservera en bonté autant qu'on voudra, comme de sept à huit mois et davantage si on la fait faire la lune étant en décours en la tenant dans des caisses de bois reposant en lieu sec, et si on y mêle un peu de sel ». A ces recommandations, dont certaines paraissent singulières aujourd'hui, préférons les constatations plus scientifiques d'auteurs plus modernes.

BOLAND ¹³⁸ estimait que « La farine peut donc se conserver, sans soins dispendieux, pendant une année et même plus longtemps lorsqu'elle est bien fabriquée, qu'elle provient de blé sec et qu'elle est placée, en sacs isolés, dans un endroit suffisamment aéré ».

Aussi BOUTROUX ¹³⁹ nous semble avoir reconnu la vérité en déclarant qu' « il ne faudrait pas attacher trop d'importance au rancissement de l'huile; cette altération, très manifeste dans l'huile séparée de la farine et exposée à l'air, est longtemps inappréciable dans la farine elle-même. Après deux ans de mouture, une farine qui nous a servi pour des expériences exposées plus loin, et qui était riche en débris de germes puisqu'elle avait été obtenue au moyen des meules, et au taux d'extraction de 80 %, était encore exempte de rancidité appréciable au goût et fournissait un pain de saveur agréable. »

C'est également l'opinion d'un observateur plein d'expérience, le meunier BONNARD-LURÇAT ¹³³ qui affirme: « Pour nous le germe n'est nullement dangereux: nous avons des raisons sérieuses pour le considérer ainsi » et il accuse les poussières et impuretés qui, n'étant pas assez soigneusement éliminées par nettoyage, brossage, etc... se mêlent aux germes écrasés. « Dans

137. OLIVIER DE SERRES ⁴⁹, 2: 607.

138. BOLAND ⁴⁸, *Traité de boulangerie*, p. 74.

139. BOUTROUX ²⁴, p. 50.

ces conditions, le germe contracte forcément un rancissement, mais qui ne peut être attribué qu'à l'introduction de cette mauvaise poussière qui atteint les qualités de la farine en même temps qu'elle lui communique ses défauts ».

2° Cette huile s'acidifie, par formation d'acides gras aux dépens des graisses, ce qui explique l'acidité croissante des farines de plus en plus anciennes. C'est ainsi qu'une farine livrée à l'armée et provenant d'un blé sain, ayant moins de trois mois de mouture, a une acidité qui varie de 0,15 à 0,50 gr. pour cent (représentée en acide sulfurique monohydraté). Elle augmente progressivement avec le temps, est plus forte dans les farines de blés tendres et son accroissement est plus rapide pour les farines qui sont plus riches en éléments de la périphérie du grain (gruaux bis, assise protéique) et germe ¹⁴⁰.

BALLAND ¹⁴¹ a établi le tableau 39 de l'acidité croissante d'une farine de blé tendre de Russie, moulue en octobre 1882. Il a montré également que la quantité d'huile extraite d'une farine

Tableau 39

	Acidité			
	11 nov. 1882	24 fév. 1883	22 avril 1883	6 juin 1883
Farine première.	0,023	0,053	0,071	0,081
— des premiers gruaux.	0,125	0,466	0,558	0,609
Farine des deuxième gruaux	0,144	0,593	0,681	0,762
Farine totale ..	—	0,057	0,091	0,101

est d'autant plus faible que la farine est plus vieille, les acides gras augmentant proportionnellement, à tel point que le rapport entre les substances grasses et les acides gras d'une farine permet de s'assurer si elle est d'une mouture récente ou bien ancienne. MARION ¹⁴² a retrouvé cette diminution des graisses.

140. BALLAND 34. Cité GALIPPE et BARRÉ 53, 1, p. 134.

141. BALLAND 47, p. 172.

142. MARION. *Des modifications subies par les farines avec l'âge*, 7^e congr. inter. appl. Chim., Section VI a : 45-47. Cité BAILEY 60.

Les méthodes colorimétriques modernes ont permis d'évaluer l'acidité réelle des farines, exprimée par leur pH. « Le pH d'un extrait aqueux de farine fraîche et tirée à un taux normal est de 6,10 en moyenne (pH analogue à celui du jus extrait par pression des plants de blé), avec 5,95 et 6,25 comme limites inférieure et supérieure ¹⁴³ ». Les pH plus bas, vers 5,80 indiquent des farines mal conservées et vers 5,00 des blés avariés; au-dessous d'un pH 5,5 les farines ne sont plus panifiables. Les pH plus élevés indiquent des taux d'extraction plus élevés; en effet le pH d'une farine croît avec la teneur en cendres, donc avec le taux d'extraction, comme l'illustre le tableau 40 dû à KOOPMANN ¹⁴⁴.

Tableau 40

Teneur en cendres...	0,40	0,49	0,53	0,67	0,77	1,02	1,58
pH	6,00	6,15	6,20	6,25	6,35	6,40	6,45
Teneur en cendres...	0,37	0,45	0,56	0,66	0,71	0,92	1,20
pH	5,97	6,15	6,30	6,35	6,40	6,45	6,45

A mesure que la farine vieillit, que la maturation se réalise, le pH progresse vers l'acidité. LOEB ¹⁴⁵ a dressé le tableau 41 de

Tableau 41

Numéros :	1	2	3	4	5	6	7
Hydratation %.	16,5	16,7	16,7	16,7	16,8	16,9	17,1
Janvier	6,23	6,20	6,22	6,22	6,20	6,18	6,25
Février	6,25	6,22	6,23	6,26	6,22	6,25	6,28
Mars	6,23	6,20	6,15	6,18	6,15	6,20	6,25
Avril	6,18	—	6,12	6,20	6,15	6,18	6,28
Mai	6,18	6,10	6,15	6,20	6,15	6,20	6,25
Juillet	6,10	6,00	5,85	5,55	6,00	5,90	5,35
Août	4,65	5,40	5,85	4,40	5,35	5,90	4,75
Février	4,70	4,30	4,20	4,15	4,20	4,25	4,85

143. LOEB ⁸⁹, p. 13.

144. KOOPMANN, Die backfähigkeit der Weizenmehle und ihre Ermittlungsmöglichkeiten, *Z. ges. Mühlenwesen*, oct. 1927. Cité LOEB ⁸⁹, p. 14.

145. LOEB ⁸⁹, p. 107.

l'évolution du pH de sept farines et BAILEY et JOHNSON ¹⁴⁶ nous fournissent dans le tableau 42 les pH des produits partiels de la mouture d'un même blé, à diverses époques de conservation. Le degré d'humidité contribue d'ailleurs, s'il s'élève à déplacer le pH vers l'acidité.

Tableau 42

Passage	Cendres %	13 mars 1922	13 oct. 1922	29 déc. 1922	1 ^{er} juin 1923	28 déc. 1923	6 avr. 1923
Short patent	0,33	5,78	5,70	—	5,65	5,56	5,51
Patent	0,40	5,92	5,79	5,65	5,61	5,58	5,58
Straight	0,64	6,03	5,83	5,67	5,56	5,60	5,56
1st clear	0,82	6,24	6,09	5,93	5,93	5,87	5,85
2nd clear	1,37	6,38	6,17	6,04	6,02	6,00	5,97

Certains des acides gras, formés au cours du vieillissement des farines, s'opposeraient à l'hydratation du gluten et exerceraient sur celui-ci une action de désagrégation qui lui ferait perdre une partie de son élasticité, si ce phénomène n'était pas plutôt dû à l'action d'une diastase protéolytique.

Il est indéniable que « le gonflement est étroitement fonction des matières grasses de la farine » comme s'exprime DANGOUMAU ¹⁴⁷, en conclusion d'études réalisées à l'aide de l'extensimètre Chopin. « Une farine dégraissée n'a plus de gonflement extensimétrique ou du moins le voit considérablement diminué. La réincorporation des graisses soustraites ramène le gonflement » ce qui prouve que l'extensibilité du gluten est dû aux matières grasses. Cependant cet auteur ¹⁴⁸ trouve que « si on panifie les farines privées de leurs graisses le volume du pain, loin d'être diminué comme l'indiquerait l'interprétation des graphiques d'après les données de CHOPIN, est dans la grande majorité des cas nettement accru ».

146. BAILEY C. H. et JOHNSON A. H., Studies on wheat flour grades. IV. Changes in hydrogen ion concentration and electrolytic resistance of water extracts of natural and chlorine treated flour in storage, *Cereal Chem.* 1924, I, 133-137.

147. DANGOUMAU A., *Contr. à l'étude des matières grasses des farines de froment*, Thèse Ingén. Bordeaux, Delmas, 1933, 79 pages, p. 33.

148. DANGOUMAU A., Au sujet de la valeur boulangère des farines. Mesure du « corps » des pâtes par le « dynamomètre », *Bull. Soc. Chim.*, 7 mars 1936, (5), 3: 989-993.

3° FLEURENT¹⁴⁹ accuse encore cette huile d'être laxative et de « nuire à l'assimilation des produits de la digestion ». Nous ignorons sur quelles expériences il a pu baser une telle assertion. GARRIGUES¹⁵⁰ ne nous apprend-t-il pas que l'action purgative de cette huile ne se manifesterait qu'aux doses assez importantes de 10 à 20 grammes ? Cette propriété ne saurait tout au plus être que particulière à l'huile concentrée, mais on ne peut l'attribuer aux matières grasses non isolées et encore incorporées et diluées dans la farine, cette dernière n'ayant jamais manifesté une telle propriété.

D'ailleurs TISDALL, DRAKE et BROWN¹⁵¹ déclarent au contraire qu'il n'en est rien. « Nous avons administré à plusieurs centaines d'enfants, depuis des nouveaux-nés prématurés du poids de 1,8 kgr., six cuillerées à café d'huile de germe de blé brute, par jour, pendant plusieurs semaines, sans constater aucune action laxative, ni aucun autre effet nuisible. »

Cette huile est constituée par des glycérides et des phosphatides, de la sitostérine et de la parasitostérine, des lécithines, de l'acide anhydroxyméthylène diphosphorique (SCHULZE et FRANKFURT), des phytostérides (BURIAN).

Les graisses des parties périphériques du grain ont une teneur en insaponifiable plus élevée que celle de la farine tirée du centre de l'amande¹⁵². Le grain entier contient de 0,25 à 0,53 % de lécithines, alors que la teneur du germe est de 1,55 %.

L'huile de germe de blé a un indice d'iode de 115 à 124; elle contient 3,5 % d'insaponifiable, 2 % de lécithine et 2,5 % de phytostérine.

On rencontre deux stérols dans le grain de blé: le sitostérol $C_{27}H_{45}OH$ (P. F. = $138^{\circ} C.$; $[\alpha]_D = -33^{\circ}46$) et le dihydrositostérol $C_{27}H_{47}OH$ (P. F. = $144^{\circ}5 C.$; $[\alpha]_D = +25^{\circ}82$ dans $CHCl_3$) voisins sinon identiques. « Le dihydrositostérol est plus particu-

149. FLEURENT 1, *Le pain de froment*, p. 64.

150. GARRIGUES A., Pain complet et pain de son, *Presse méd.*, 14 fév. 1920, 28: 218-222.

151. TISDALL F. F., DRAKE T. G. H. et BROWN A., A new cereal mixture containing Vitamins and mineral elements, *Amer. J. Dis. Child.*, oct. 1930, 40, 8 pages.

152. DANGOUMAU 147, *Ta. ing.*, p. 26.

lièrement contenu, d'après ANDERSON et NABENHAUER ¹⁵³, dans les téguments du grain de froment et l'on est en droit de se demander si sa présence dans la farine ne provient pas de l'incorporation dans la mouture des produits provenant des enveloppes, en même temps que de fins fragments de ces enveloppes. Le sitostérol du froment est aussi, suivant ANDERSON, SCHRINER et BURR ¹⁵⁴ un mélange de différentes formes α , β , γ de propriétés chimiques et physiques différentes ¹⁵⁵.

DANGOUMAU ¹⁵⁶ a identifié le palmitate de sistostéryle dans l'extract éthéré d'une farine de froment au taux d'extraction de 72 % (gluten sec: 11 %; matières grasses: 1,12 %; acidité (SO^4H^2): 0,04). De plus il a confirmé dans les extraits de farines basses et du germe l'existence de sitostéroline ¹⁵⁷.

Ces stérols ont été encore peu étudiés, surtout sous la forme naturelle où ils existent dans le froment et DANGOUMAU, remarquant que WINDAUS a indiqué que l'éther acétique de l'ergostérol était préventif du rachitisme après irradiation, estime qu'il conviendrait d'étudier leur rôle physiologique ¹⁵⁸.

BALLAND ¹⁵⁸ a comparé, dans le tableau 43, la richesse en acide phosphorique de cette huile avec celle d'autres graisses usuelles.

Tableau 43

Matières grasses du blé	0,32 % de P^2O^5
— — de l'avoine	0,20 %
Graisses des viandes, fromages	0,20 %
Beurre d'Isigny	0,13 %
Saindoux du commerce	0,02 %

153. ANDERSON et NABENHAUER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 1924, **46**, 1717.

154. ANDERSON R. J., SCHRINER R. L. et BURR G. O., *J. Amer. Chem. Soc.*, 1926, **48**: 2987

155. DANGOUMAU A., Action sur le rachitisme expérimental des pâtes de froment irradiées, *J. Méd. Bordeaux*, 10 déc. 1934, 16 pages, in-4°.

156. DANGOUMAU A., Identification du palmitate de Sitostéryle dans l'extract éthéré des farines de froment, *Bull. Soc. Chimie biol.* 1933, **15**: 1083-1093.

157. DANGOUMAU A., *Recherches sur l'insaponifiable de l'huile de froment*, Thèse Doct. Sciences, Bordeaux, Delmas, 1935, 7 + 146 pages ; p. 111.

158. BALLAND ¹⁰⁹, *C. R. Ac. Sc.*, 1906, p. 970.

Enfin, les travaux modernes ont découvert et mis en valeur la richesse de l'huile de germe de blé en vitamine E, ce que nous étudierons dans le prochain chapitre.

VITAMINES

Dans ce chapitre nous allons relater les travaux modernes qui ont décelé dans le grain de blé un certain nombre de vitamines, ces éléments encore insoupçonnés au début de ce siècle, et dont l'importance primordiale a depuis été amplement démontrée.

La littérature se rapportant aux différentes vitamines est considérable. Des volumes entiers leur sont consacrés qui mettent périodiquement à jour nos connaissances à leur égard, connaissances sans cesse accrues et certainement encore bien imparfaites. Aussi nous bornerons-nous à examiner assez succinctement les principaux travaux qui ont été consacrés à la teneur en vitamines du grain de blé.

L'expérience de MAGENDIE, alimentant deux chiens exclusivement, l'un au pain blanc, l'autre au pain bis militaire, pouvait déjà orienter vers la recherche de ces vitamines; mais trop sommaire, trop courte, portant sur un matériel trop restreint, il ne peut guère lui être accordé que la valeur d'une heureuse initiative insuffisamment exploitée à l'époque.

C'est en 1914 que WEILL et MOURIQUAND entreprirent une série d'expériences sur le blé, dont les résultats sont consignés dans leur ouvrage *L'alimentation et les maladies par carence*. Dès cette époque, ils constatent que :

1° La semoule grosse (constituée par les gruaux vêtus de la périphérie de l'albumen) donnée comme nourriture exclusive à trois pigeons, ne leur permet qu'une survie de 48 et 53 jours. Durant les trois jours précédant leur mort, ils présentent des signes nets de polynévrite, de l'ordre de ceux relevés dans le béribéri.

2° Le blé décortiqué permet une survie de 48 et 135 jours à deux pigeons qui meurent après une période d'abolition à peu près complète de la marche et du vol, titubation intense, etc...

3° Le blé complet assure une survie normale à divers pigeons, et les expériences sont suspendues après 30, 59 et 184 jours.

4° En nourrissant un pigeon au blé complet stérilisé à l'autoclave, on ne constate guère (contrairement aux résultats d'expériences menées avec d'autres céréales stérilisées) que des troubles digestifs intenses (diarrhée, vomissements, etc...), mais pas de paraplégie.

MIGUET ¹⁵⁹, rapportant ces faits, conclut avec à propos: « Il y aurait donc, à la périphérie du grain, non seulement une forte proportion de matières azotées, de matières grasses et de matières minérales, mais parmi celles-ci ou en dehors de celles-ci, de ces substances minimales appelées par les uns vitamines, par les autres facteurs A, B et C, et dont nous savons encore bien peu de chose, si ce n'est qu'elles sont indispensables à la vie ».

Les propres recherches de cet auteur, en collaboration avec WEILL et MOURIQUAND, allaient confirmer ces premières notions. Depuis de nombreuses autres précisions ont été fournies sur ces facteurs, que nous allons envisager successivement.

VITAMINE A

C'est le facteur antixérophtalmique, en même temps agent de défense de l'organisme contre l'infection. Il existe dans les graines, surtout lors de la germination.

Mc COLLUM et SIMMONDS ¹⁶⁰ estiment que le germe de blé, exceptionnellement riche en vitamines B et E, « contient aussi un peu de vitamine A ». C'est également l'opinion d'EVANS ¹⁶¹.

Les extraits éthérés de farine de froment contenant non seulement du carotène, mais divers carotinoïdes, de la chlorophylle, de la xanthophylle, de la tricine (matière flavonique jaune), DANGOUMAU ¹⁶², après avoir reconnu que « c'est bien aux termes

159. MIGUET ⁸, p. 96.

160. Mc COLLUM E. V. et SIMMONDS N., *The Newer Knowledge of Nutrition*, 4^e éd., New York, Macmillan C^o, 1929, p. 111.

161. EVANS H. M. Cité VOGT-MOLLER et BAY ²⁰⁵, p. 2.

162. DANGOUMAU ¹⁵⁷, p. 52.

colorés de l'insaponifiable que les extraits étherés des farines doivent leur activité biologique » en a précisé le mode d'action. Pour cela il étudie l'extrait étheré d'une farine de blé, à 71 % d'extraction, coloré par certains carotinoïdes.

Ayant soumis des rats blancs à un régime convenable pour qu'ils présentent une croissance stationnaire, du dépérissement et de la xérophthalmie, il expérimente alors sur eux l'action de l'addition quotidienne de 0,5 et 1 cm³ de cette huile, pour chaque rat. Lorsque cette dernière est fraîchement préparée, sous l'influence de ce traitement, il obtient « rapidement une amélioration marquée ». La radiographie ne montre chez les animaux carencés « aucune lésion rachitique, mais simplement une diminution d'ensemble du squelette » ¹⁶³.

Des huiles préparées en 1928, très rances, et d'autres datant de 1931, rances également bien que conservées en flacons bien bouchés, à l'abri de la lumière et à la température du laboratoire, sont dépourvues de toute activité en 1933 ¹⁶⁴.

De son expérimentation, cet auteur paraît avoir quelque difficulté à se prononcer en faveur soit d'une activité propre de la vitamine A, soit de celle du carotène. On sait en effet que ce dernier, s'il n'est pas identifiable à la vitamine A, joue le même rôle qu'elle dans l'organisme animal.

Rapportons ici que Mme RANDOIN et NETTER ¹⁶⁵ ont obtenu des résultats également intéressants avec une huile de blé; pour eux, celle-ci contiendrait des « vitamines de croissance embryonnaire ».

VITAMINES B, F, G et H.

La vitamine B est un facteur antinévritique ou d'équilibre nerveux; elle aussi diminue la sensibilité de l'organisme aux infections; c'est un excitant de toutes les glandes (digestives, endocrines, etc...) et elle joue un rôle important dans l'utilisation des hydrates de carbone.

¹⁶³. DANGOUMAU ¹⁵⁷, p. 62.

¹⁶⁴. DANGOUMAU A., Recherche du facteur A dans l'extrait étheré des farines de froment, *C. R. Soc. Biol.*, 9 déc. 1932, **111**: 796-797.

¹⁶⁵. RANDOIN L. et NETTER R., *Bull. Soc. chimie biol.*, 1934, **16**: 581 et 595,

Très nombreux sont les travaux qui ont été consacrés à la vitamine B existant dans le blé. Ils ont amené les expérimentateurs à en envisager la nature comme complexe et à la scinder en plusieurs facteurs dont les appellations quelque peu flottantes sont, encore maintenant, différentes selon les auteurs.

Nous allons esquisser un rapide aperçu historique de cette question parfois confuse, en nous basant sur les revues de HETLER, MEYER et HUSSEMAN¹⁶⁶ et de ROSE, VAHLTEICH, FUNNEL et Mc LEOD¹⁶⁷.

En 1915, Mc COLLUM et DAVIS¹⁶⁸ montrent qu'il est nécessaire d'ajouter au régime de grains de blé, des protéines, des sels et de la vitamine A pour assurer la croissance et la reproduction normales des rats¹⁶⁷.

L'année suivante, Mc COLLUM, SIMMONDS et PITZ¹⁶⁹, utilisant le grain de blé entier comme source de vitamine B en nourrissant des animaux en période de croissance, montrent que cette vitamine se trouve dans le blé à une forte concentration¹⁶⁶, « une quantité aussi faible que 15 % de blé entier comme seule source de vitamine hydrosoluble suffit à assurer la croissance des rats et leur confère une santé suffisante pour leur permettre d'avoir des portées d'un nombre presque normal de jeunes »¹⁶⁷. Les mêmes auteurs¹⁷⁰ en 1917, confirment que le blé et le germe de blé (ainsi que d'autres céréales et légumes) contiennent une grande quantité de vitamine B.

En 1919, OSBORNE et MENDEL¹⁷¹ réalisent une étude poussée

166. HETLER R. A. MEYER C. R. et HUSSEMAN D., Vitamin-B and Vitamin-G Content of Cereals, *Illin. Agric. Exp. Station Bull.* 369, (mai 1931), pp. 167-211.
167. ROSE M. S., VAHLTEICH E. H., FUNNEL E. H. et Mc LEOD G., Wheat Bran as a Source of Vitamine B, *J. Amer. Diet. As.*, mars 1932, **7**: 369-374.
168. Mc COLLUM E. V. et DAVIS M., The influence of the composition and amount of the mineral content of the ration on growth and reproduction, *J. Biol. Chem.*, 1915, **21**: 615-643.
169. Mc COLLUM E. V., SIMMONDS N. et PITZ W., The effects of feeding the proteins of the wheat kernel, at different planes of intake, *J. Biol. Chem.*, 1916, **28**: 211-213.
170. Mc COLLUM E. V., SIMMONDS N. et PITZ W., The nature of the dietary deficiencies of the oat kernel, *J. Biol. Chem.*, 1917, **29**: 341.
171. OSBORNE T. B. et MENDEL L. B., The nutritive of the wheat kernel and its milling products, *J. Biol. Chem.*, 1919, **37**: 557-601.

de la valeur vitaminique du grain de blé et de ses produits de mouture. A une ration, adéquate par ailleurs, la « vitamine hydrosoluble » est ajoutée exclusivement sous diverses formes.

Le blé entier à la dose de 15 % de la ration ou le germe de blé commercial à celle de 2 à 5 %, assurent une croissance normale des jeunes. Le son commercial (qui contient toujours un peu d'amande et des traces possibles de germes) à la dose de 5 % ne permet pas aux jeunes de pousser ni aux adultes de conserver leur poids. Mais en leur en fournissant 55 % (soit 45,5 % de son pur), l'addition de germe de blé n'amène alors aucune amélioration, montrant ainsi qu'à ce taux le son commercial fournit suffisamment de vitamine hydrosoluble.

En ajoutant à une ration privée de cette vitamine des germes de blé obtenus par dissection manuelle soigneuse, ils montrent encore que les rats se maintiennent en bonne santé apparente durant plusieurs semaines mais ne croissent pas sensiblement. Par ailleurs, les grains égermés permettent une croissance identique à celle que procure le grain entier. Cette observation pose la question de savoir si la vitamine hydrosoluble est une substance simple, problème récemment résolu par la différenciation entre les deux facteurs B et G, comme nous allons le voir ¹⁶⁷.

En 1922, BELL et MENDEL ¹⁷² estiment qu'il est nécessaire d'incorporer dans la ration 40 % de blé pour assurer au rat une croissance normale ¹⁶⁶. Utilisant des souris, ils constatent que leur croissance est satisfaisante lorsque le son du commerce est incorporé dans leur ration au taux de 20 %. Ils pensent que le son contient 24 % environ de la vitamine B totale du grain entier ¹⁶⁷.

L'année suivante, STEENBOCK, SELL et NELSON ¹⁷³ prenant la précaution d'élever leurs rats dans des cages à double fond de manière à ce qu'ils ne puissent manger leurs excréments

172. BELL M. et MENDEL L. B., The distribution of the vitamin B in the wheat kernel, *Amer. J. Physiol.*, 1922, **62**: 145-161.

173. STEENBOCK H., SELL M. T. et NELSON E. M., Vitamine B. I. A modified technique in the use of the rat for determinations of vitamin B, *J. Biol. Chem.*, 1923, **55**: 399.

(dont on sait que l'apport en vitamines peut être élevé) montrèrent que, dans ces conditions, une proportion de 60 % est nécessaire pour obtenir la croissance optima ¹⁶⁶.

En 1927, PLIMMER, ROSEDALE et LOWNDES ¹⁷⁴ donnent à des pigeons une ration ainsi constituée :

Blé entier	40 à 50 %
Poudre de poisson	5 %
Riz blanc	quantité suffisante

qui leur assure une vie normale. Les mêmes résultats sont obtenus avec seulement 6 % de germes de blé. Le son est environ cinq fois moins riche en vitamine B que le germe, 33 % étant nécessaire pour maintenir le poids des jeunes ¹⁶⁷. Ils expriment en conséquence la teneur en vitamine B des diverses parties du grain conformément au tableau 44.

Tableau 44 ¹⁷⁵

	Teneur en vitamine	Proportion des produits de mouture
Grain entier	8 à 10	—
Farine	—	70 %
Germe	66	1,5 à 2 %
Son	12 à 13	12 à 15 %
Produits intermédiaires (« middlings »).	12 à 13	12 à 15 %

La même année, CHICK et ROSCOE ¹⁷⁶ expérimentant le germe de blé, le germe de blé stérilisé à l'autoclave, des extraits alcooliques de blé et d'autres substances, sont amenés à distinguer deux facteurs dans cette vitamine, ainsi que SHERMAN et AXTMAYER ¹⁷⁷.

174. PLIMMER R. H. A., ROSEDALE J. L., RAYMOND W. H. et LOWNDES J., Comparative vitamin B value of foodstuffs. I. Cereals, *Biochem. J.*, 1927, **21**: 1141-1161.

175. MORGAN et BARRY ³³⁷, p. 939.

176. CHICK H. et ROSCOE M. H., On the composite nature of the water-soluble B vitamin, *Biochem. J.*, 1927, **21**: 698.

177. SHERMAN H. C. et AXTMAYER J. H., A quantitative study of the problem of the multiple nature of vitamin B, *J. Biol. Chem.*, 1927, **75**: 207-212.

Dès l'année suivante, SALMON, GUERRANT et HAYS ¹⁷⁸, EVANS et BURR ¹⁷⁹, et en 1929 MUNSELL ¹⁸⁰ confirmèrent cette duplicité. Il faut donc distinguer à la suite de ces travaux :

— le facteur antinévritique à proprement parler, B₁ de CHICK et ROSCOE, B ou BP de SALMON, GUERRANT et HAYS, vitamine F de SHERMAN et AXTMAYER.

— le facteur antipellagreux, ou d'intégrité dermique, qui guérit la « black-tongue » du chien, B₂ de CHICK et ROSCOE, PP ou G de SALMON, GUERRANT et HAYS.

Leur association constitue une vitamine de croissance. Depuis, de nouvelles recherches ont amené à distinguer encore dans la vitamine B primitive, deux nouveaux facteurs :

— le facteur d'utilisation cellulaire ou de croissance ou F;

— le facteur d'utilisation nutritive ou d'entretien ou de fonctionnement, régulateur de l'hypo et de l'hyperglycémie. Ce dernier facteur se trouvant partout où il existe des cellules en activité, figure dans le grain de blé, soit sec, soit germé; le germe d'ailleurs en fournit relativement plus que l'assise protéique.

Actuellement, la vitamine B₂ a été isolée à l'état pur, cristallisé et porte alors le nom de lactoflavine. Une riboflavine synthétique a été réalisée qui possède les mêmes propriétés que la lactoflavine. WILLIAM ¹⁸¹ a donné la formule probable du chlorhydrate de lactoflavine que les auteurs américains notamment utilisent dans leurs tests cliniques. La dose active de vitamine B cristallisée en injection sous-cutanée chez le rat serait de 5 γ ¹⁸², et de 4 γ chez le pigeon, *per os* ¹⁸³.

178. SALMON W. D., GUERRANT N. B. et HAYS I. M., On the existence of two active factors in the vitamin B complex, II, *J. Biol. Chem.*, 1928, **76**: 487.

179. EVANS H. M. et BURR G. O., A new differentiation between the anti-neuritic vitamin B and the purely growth-promoting vitamin B, *J. Biol. Chem.*, 1928, **77**: 231.

180. MUNSELL H. E., Rice polishings as a source of vitamin B, *J. Home Econ.*, 1929, **21**: 124.

181. WILLIAM R. R., *J. Amer. Chem. Soc.*, 1935, **57**: 229.

182. AMMERMAN M. et WATERMAN R. E., Studies of Crystalline Vitamin B. IV. Injection method of assay, *J. Nut.*, juil. 1935, **10**: 25-33.

183. AMMERMAN M. et WATERMAN R. E., Studies... VI. The effect of graduated doses on pigeons, *J. Nut.*, août 1935, **10**: 161-166.

GYORGY ¹⁸⁴ a nommé vitamine B₆ une vitamine dont la carence provoque chez le rat une dermatose spéciale, qui ne serait pas analogue à la pellagre humaine pour DANN ¹⁸⁵, aussi ce dernier auteur estime-t-il la vitamine B₆ de GYORGY différente de G.

Des recherches aussi poussées ne sont que louables, car elles démontrent la complexité d'éléments qui d'abord avaient paru simples. Du point de vue scientifique pur, elles sont remarquables et on admire souvent l'ingéniosité des expérimentateurs qui parviennent par d'adroits recoupements, dans les rations alimentaires, à démontrer l'existence d'un facteur nouveau. Pour nous qui ne voulons présentement envisager cette question que sous un angle bien défini, du point de vue de l'hygiène alimentaire appliquée aux farines et au pain, nous sommes parfois assez embarrassés devant la multiplicité de ces facteurs, dont les appellations sont encore si mal définies que certains auteurs attribuent à des facteurs différents la même dénomination. Nous souhaitons donc que voit le jour un vaste travail d'ensemble mettant au point nos connaissances au sujet de ces vitamines, notamment en ce qui concerne le blé.

De toutes manières, pour nous, l'intérêt ne réside pas tant dans le dénombrement des diverses vitamines B, F, G, H, etc..., et dans l'examen de leurs propriétés spécifiques individuelles, que dans l'exposé d'ensemble des propriétés globales de ces facteurs que la nature a le plus généralement réunis, notamment semble-t-il dans le grain de blé, seul aliment qui nous occupe présentement, quitte à signaler le cas échéant les particularités, les distinctions que les auteurs sont parvenus à établir.

Telle est la raison qui nous a fait envisager ensemble les vitamines B, F, G et H, qui initialement n'en constituaient qu'une. D'ailleurs, nous aurons à rapporter des travaux postérieurs à

184. GYÖRGY P., Investigations on vitamin B 2 Complex. *Biochem. J.*, 1935, **29**: 760-766 et 767-775.

185. DANN W. J., The vitamin G complex, I. The non-identity of rat dermatitis due to vitamin B6 deficiency and the dermatitis of human pellagra. *J. Nut.*, mai 1936, **11**: 451-462.

ces distinctions subtiles et qui, s'attachant à mettre en valeur par exemple une propriété de « la vitamine B », ne cherchent cependant pas à savoir si cette propriété appartient au groupe complexe B ou à l'un de ses facteurs constitutifs.

Ce qui importe essentiellement au cours de cette étude, c'est de passer en revue les principales propriétés vitaminiques propres au froment ou à telle portion de sa graine, le fait de les rapporter aux divers facteurs B, F, G ou H nous paraissant moins capital, surtout en l'état actuel de notre connaissance de ces facteurs.

En 1928, HUNT¹⁸⁶ montre qu'une proportion de 15 % de blé dans la ration est le minimum nécessaire pour assurer la quantité suffisante de vitamine B¹⁸⁷ indispensable à la croissance des rats¹⁸⁶.

L'année suivante, AYKROYD et ROSCOE¹⁸⁸ étudiant la teneur en vitamine G de divers aliments trouvent que le blé est pauvre de ce facteur. « Dans le blé, le germe et le son constituent de meilleures sources que l'albumen, et ont à peu près une valeur équivalente »¹⁸⁶.

Le travail de HETLER, MEYER et HUSSEMAN¹⁸⁶ en 1931 confirme ce qu'avait trouvé HUNT, à savoir que l'addition à un tel régime de levure stérilisée améliore la croissance, et montre que le taux de 15 % est insuffisant pour prévenir les névrites et la mort. C'est 25 % de blé qu'il faut, selon eux.

Etudiant, par examen de la rapidité de croissance des rats blancs, la teneur en vitamine B et G de diverses céréales, ils trouvent que « l'avoine, le blé et le maïs ont une teneur identique en vitamine G. Les cuticules de riz en possèdent une quantité considérable ». Dans l'avoine, le complexe vitaminique B est répandu dans tout le grain, mais se trouve à une plus forte concentration dans le germe que dans l'amande.

186. HUNT G. H., The complex nature of vitamin B as found in wheat and corn, *J. Biol. Chem.*, 1928, **78** : 83.

187. Cette vitamine que nous nommons maintenant B, HUNT l'appelle F dans son travail¹⁸⁶.

188. AYKROYD W. R. et ROSCOE M. E., The distribution of vitamin B2 in certain foods, *Biochem. J.*, 1929, **23** : 483.

Nous venons non seulement de constater que le grain de froment est riche en vitamine B et possède en plus les facteurs F, G et H, mais nous avons encore esquissé au cours de ces lignes la répartition de cette vitamine dans les diverses régions du grain. D'autres travaux méritent d'être rapportés, car ils nous fournissent d'utiles précisions sur la manière dont ce complexe vitaminique est réparti dans cette graine.

CHICK et HUME¹⁸⁹, en 1917, s'expriment ainsi: « Dans le grain de blé, la vitamine antinévrétique est principalement concentrée dans le germe ou embryon; elle est également présente en moindre proportion dans le son (péricarpe et couche à aleurone) probablement dans la couche à aleurone »¹⁹⁰.

VOEGLIN et MYERS trouvent successivement que « La vitamine antinévrétique semble se trouver dans les couches périphériques et dans le germe (1918). Le germe ou embryon du blé contient toute la quantité de vitamine antinévrétique présente dans le grain de blé (1919). Les cellules à aleurone ne sont point le siège de la vitamine antinévrétique. Cette substance se trouve dans la partie du grain contenant le germe, et probablement dans ce germe »¹⁹⁰.

En 1919, OSBORNE et MENDEL¹⁷¹ étudient « le germe de blé du commerce » (mélange dont nous ignorons la teneur exacte en germes vrais) et le trouvent riche en vitamine hydrosoluble. Quant au son et aux farines du commerce, ils contiennent « beaucoup moins de cet important facteur alimentaire ». Le germe véritable, soigneusement isolé des autres parties de la graine et utilisé comme seule source de vitamine suffit à faire vivre de jeunes rats, mais ne leur permet pas de croître, même quand on le leur fournit en quantité équivalente à celle de germes purs contenue dans une quantité correspondante de germes du commerce qui suffit pour leur procurer une croissance pleinement normale ». Les grains égermés sont donc encore riches en vitamine hydrosoluble¹⁹⁰.

189. CHICK et HUME, *Proc. Roy. Soc.*, 1917, 90 B : 44.

190. Cité BELL et MENDEL¹⁷², p. 145.

En 1922, BELL et MENDEL¹⁹⁰ séparent l'embryon de l'amande par dissection manuelle et constatent que « la vitamine B figure également dans le germe et dans l'amande. La concentration dans le premier est plusieurs fois supérieure à celle de la seconde, mais en tenant compte du faible pourcentage du germe par rapport au grain entier, la quantité absolue de vitamine B contenue dans l'embryon n'est pas plus du sixième de la quantité totale du grain ».

Utilisant un blé d'hiver du Minnesota, ils trouvent pour les divers produits de mouture les teneurs en vitamine consignées dans le tableau 45. Voici leurs propres conclusions : « Le blé

Tableau 45

	Pourcentage minimum nécessaire dans la ration	Concentration en vitamine B rapportée au blé entier	Pourcentage de chaque produit de mouture	Pourcentage de vitamine contenue dans chaque produit
Blé entier	40	1	100	100
Farine blanche	(?)	0 - 0,10 (?)	50	0 - 5
First clear	40 (?)	1 - 0,67 (?)	15	15 - 10
Second clear	40	1	5	5
Low grade	20	2	8	16
Middlings	10	4	10	40
Son	10	2	10	24

entier est pauvre comparativement à d'autres aliments dont une proportion de 2 à 10 % suffit dans la ration. Cette teneur en vitamine B est variable avec la variété de blé¹⁹¹. La farine blanche normale ne renferme aucune quantité appréciable de vitamine. Les farines premières et secondes de remoulage (? - « first and second clear ») ont approximativement la même teneur que le grain non moulu. Les farines bises (? - « low grade flour ») et le son, sont deux fois plus riches que le grain entier. Les produits intermédiaires (? - « standard middlings ») qui comprennent la portion du grain renfermant la majeure partie

191. Un blé Marquis de printemps contient deux à trois fois plus de vitamine B qu'un blé d'hiver du Minnesota. Cité CRAMER et MOTTRAM 192, p. 1090.

du germe, sont quatre fois plus riches que le grain entier ». Constatant qu'il est possible qu'il existe dans la farine blanche une minime quantité de vitamine B, mais qu'elle est certainement trop insignifiante pour être de quelque utilité pratique, ils estiment très justement que « ces résultats sont de valeur physiologique importante relativement à l'usage très répandu des farines blanches à faible taux d'extraction, pour fournir une large part de l'apport alimentaire. Il est également évident que l'addition de produits de mouture comparativement riches en vitamine B à la nourriture des animaux domestiques représente pour eux un bienfait nutritif ».

CRAMER et MOTTRAM¹⁹² estiment également que « la farine blanche contient une si faible quantité de vitamine B que l'addition même de 7,5 gr. aux 10 gr. de la ration de base, par rat, est incapable de procurer seulement une lente amélioration. Elle peut, pour tout point de vue pratique, être considérée comme exempte de vitamine B ».

Nous pensons nous être suffisamment étendu sur le complexe vitaminique B du grain de blé. Si nous avons agi ainsi et si nous avons également tenu à envisager sa répartition dans les diverses parties du grain, c'est que la vitamine B est un facteur dont l'importance est primordiale pour la santé de l'homme. Comme le disent fort élégamment DESGREZ et BERRY¹⁹³ : « Comme la reine dans le jeu d'échec, elle commande à toutes les autres pièces de l'échiquier alimentaire ». Que nous importe, penserons peut-être certains, cette vitamine B du blé, puisqu'elle existe dans d'autres céréales, dans d'autres aliments, et que son apport par ces voies nous permet de négliger l'appoint que fournirait à la ration alimentaire les parties du grain qui en sont riches, si au lieu d'être laissées aux animaux, elles étaient incorporées à notre propre ration.

Pour nous, il n'en est rien. Si primitivement on avait cru que des quantités infimes de vitamine B pouvaient suffire à

192. CRAMER W. et MOTTRAM J. C., On the Nutritive Value of Bread with special Reference to its Content in Vitamin B, *Lancet*, 19 nov. 1927, 2: 1090-1094.

193. DESGREZ et BERRY⁸⁰, p. 51.

l'homme pour lui épargner l'avitaminose correspondante, on sait aujourd'hui qu'une certaine quantité de cette vitamine est nécessaire et que la « ration vitaminique » pourrait-on dire, doit être proportionnée à la ration d'autres aliments, notamment hydrates de carbone et graisses.

Or il se trouve qu'il est démontré que l'alimentation humaine moderne est souvent déficitaire en vitamines, et en vitamines B particulièrement. Nous rappellerons quelques exemples typiques de cette carence, fruste certes mais cependant réelle, lorsqu'au chapitre V nous examinerons l'importance que peut avoir pour la santé l'introduction dans la ration alimentaire de l'assise protéique et du germe, éléments dont il nous aura suffi pour le moment d'avoir détaillé la teneur en complexe vitaminique B.

VITAMINE C

C'est le facteur antiscorbutique ou de régulation sanguine, qui, pour certains auteurs, serait formé d'une vitamine assurant l'intégrité des capillaires sanguins et d'une autre intervenant dans la formation de l'hémoglobine des globules sanguins.

Elle ne paraît pas avoir été jusqu'à présent l'objet de recherches dans le blé, et sans doute n'y est-elle point présente. Elle n'y apparaît que lors de la germination.

PIRZ¹⁹⁴, constatant qu'une alimentation qui amène une rétention des fécès dans le rectum provoque le scorbut, a alimenté des cobayes avec du blé broyé et du lait complet à volonté (nourriture assez éloignée de celle dont ils font habituellement usage). Il aurait ainsi provoqué le scorbut (5 animaux en expérience). Mais on ne saurait d'une telle expérience conclure grand chose.

VITAMINE D

C'est la vitamine antirachitique, ou de fixation calcique, que l'on peut expérimentalement produire par exposition de l'ergo-

194. PIRZ, Studies of experimental scurvy. II. The influence of grains, other than oats, and specific carbohydrates on the development of scurvy *J. Biol. Chem.*, 1918, **33** : 471-482.

stérol aux rayons ultra-violet. Elle ne paraît pas, elle non plus, avoir été décelée dans le froment.

TISDALL, DRAKE et BROWN¹⁹⁵ ayant irradié de la farine blanche, ne parviennent pas à obtenir par ce moyen une activité antirachitique suffisante et ils concluent: « La farine blanche a une teneur en ergostérol approximative de 1/10.000.000 ».

Par contre, on peut obtenir la vitamine D, et en quantité marquée, en soumettant le germe de blé, que nous avons vu contenir de l'ergostérol, aux rayons d'une lampe à vapeur de mercure. En France, DANGOUMAU¹⁹⁶, en 1935, a signalé « la présence constante de l'ergostérol dans les farines de froment », dont il fixe la teneur en première approximation à 70-90 γ pour 100 gr. de farine. S'attachant ultérieurement à en préciser la nature, il trouve les bandes d'absorption 2935-2810-2700 Å. « En outre et principalement les stérols obtenus à partir du germe du grain montrent les bandes 2520-2430 et très faiblement 2350 Å », qui se retrouvent dans le spectre de l'ergostérol D isomère non antirachitique de l'ergostérol. Il a dressé le tableau 46 de la teneur en ergostérol de diverses farines¹⁹⁷.

Tableau 46

	Teneur en ergostérol (pour 100 gr.)
Germes du commerce	1,2 mgr.
Basse farine (13 ^e convertisseur) .	0,283 mgr.
Farine panifiable	0,082 mgr.
Farine de tête (1 ^{er} convertisseur) .	0,046 mgr.

On voit donc que la richesse en ergostérol est d'autant plus forte que la farine examinée contient plus de germes et de parties périphériques de l'amande. C'est le germe qui a la teneur de beaucoup la plus élevée. Les farines, surtout celles riches en

195. TISDALL F. F., DRAKE T. G. H. et BROWN A., The incorporation of vitamins in Bread, *Canad. Med. Assoc. J.*, 1931, **24** : 210-213.

196. DANGOUMAU A., *Bull. Soc. chim.*, 1935, **2** : 683.

197. DANGOUMAU A., Note sur les stérols de la farine de froment, *Bull. Soc. chim.*, 7 mars 1936 **3** : 988-989

ergostérol sont donc « susceptibles, après irradiation, de fournir à l'organisme une source de facteur D qui n'est pas négligeable » ainsi que le montre cet auteur par une expérimentation biologique précise et complète sur le rat ¹⁹⁸.

VITAMINE E

Si les vitamines C et D ne paraissent pas exister, *sous leur forme propre*, dans le grain de blé, il n'en est pas de même de la vitamine E qui, si elle n'est pas spécifique à cette graine, est presque toujours extraite du germe de froment, car « la richesse du germe de blé en E est extraordinaire » ¹⁹⁹, cependant que l'amande n'en contient qu'une quantité minime ²⁰⁰.

Récemment EVANS, EMERSON et EMERSON ont isolé de l'huile de germe de blé ²⁰⁰ et de l'huile des graines de coton ²⁰¹ un alcool possédant les propriétés de la vitamine E, pour lequel ils proposent le nom de α -tocophérol, dont la formule peut s'établir $C_{29}H_{50}O_2$ et dont ils ont étudié divers allophanates.

C'est la vitamine antistérilité ou de reproduction, qui a sans doute une action dans l'anémie et, lors de la puberté, dans certaines transformations de l'organisme. On trouvera toute la littérature la concernant jusqu'en 1927 rappelée dans le mémoire d'EVANS et BURR ²⁰², et nous ne détaillerons pas ici ses propriétés ni les symptômes de sa carence.

EVANS et BURR ²⁰³ ont montré que diverses graisses ajoutées en excès à la vitamine E, sont capables d'en atténuer ou même

198. DANGOUMAU ¹⁵⁵ et ¹⁵⁷.

199. EVANS H. M. et BURR G. O., The antisterility vitamin fat soluble E, *Proc. Nat. Ac. Sc.*, juin 1925, **11** : 334-341.

200. EVANS H. M., EMERSON O. H. et EMERSON G. A., The isolation from wheat germ oil of an alcohol, α -tocopherol, having the properties of vitamin E, *J. Biol. Chem.*, fev. 1936 **113** : 319-332.

201. EMERSON O. H., EMERSON G. A. et EVANS H. M., The isolation from cottonseed oil of an alcohol resembling alpha-tocopherol from wheat-germ oil, *Science*, 1^{er} mai 1936, **83** : 421.

202. EVANS H. M. et BURR G. O., The antisterility vitamin fat soluble E, *Mem. Univ. Calif.*, 1927, vol. 8.

203. EVANS H. M. et BURR G. O., Vitamin E The ineffectiveness of curative dosage when mixed with diets containing high proportions of certain fats, *J. Amer. Med. Assoc.*, 7 mai 1927, **86** : 1462-1465.

d'en détruire l'activité à la longue. Le lard au taux de 22 % dans la ration la détruit, mais à un taux moindre (7,7 %) ce phénomène n'a plus lieu. Parmi les acides gras étudiés, l'acide oléique la détruit alors que l'acide stéarique est sans action. L'activité destructrice des graisses augmentant avec leur rancidité, il y a intérêt à n'expérimenter que des huiles de germe de blé fraîchement préparées.

Une trace d'huile de germe de blé diminue par ailleurs la faculté qu'a le beurre de s'oxyder en rancissant, alors que les sels ferreux l'augmentent. L'addition au beurre (contenant les vitamines A et E) de sulfate ferreux (0,5 %) provoque une destruction de la vitamine ou l'inhibition de son action, et l'addition au régime d'huile de germe de blé ou le remplacement du sulfate ferreux par un sel ferrique (citrate) guérit les animaux chez lesquels apparaissaient de la xérophtalmie et une diminution de la croissance. En sorte que Mc COLLUM et ses collaborateurs en avaient conclu que la vitamine E était en relation avec le métabolisme du fer ²⁰⁴.

L'huile de germe de blé, active *per os* et par voie parentérale, a suscité des études cliniques très intéressantes.

VOGT-MØLLER et BAY ²⁰⁵ ayant confirmé les résultats d'EVANS et BURR sur le rôle de cette vitamine dans les cas de stérilité des rates et des souris femelles, en firent usage chez des vaches. Ils font observer que ces animaux sont actuellement soumis à des facteurs appauvrissants en vitamines: sélections répétées en vue d'une sécrétion de lait plus abondant et plus riche en beurre, augmentation constante dans leur ration de déchets industriels (sucres, tourteaux), sédentarisme et réclusion ne leur permettant aucun exercice et les privant des bienfaits de l'air frais, de la lumière et du soleil. Leur genre de vie se trouve donc progressivement éloigné de leurs conditions primitives d'existence, et ils pensent qu'il ne devait pas être surprenant de voir

204. Cité MATTIL H. A., The oxydative destruction of vitamins A and E. *J. Amer. Med. Assoc.*, 29 oct. 1927, **89** : 1505-1508.

205. VOGT-MØLLER P. et BAY F., On traitement of Sterility in Cows with Wheat Germ Oil (Vitamin E), *Veter. J.*, 1931, **87** : 165-170.

se manifester chez ces animaux un déséquilibre ou l'absence de quelque substance encore inconnue mais nécessaire.

Ils administrèrent donc une dose unique d'huile de germe de blé (10 cm³ intra-musculaire) à des vaches sans altération décelable des organes génitaux et cependant atteintes de stérilité. Dans cette communication préliminaire ils font connaître leurs premiers résultats qu'ils jugent assez favorables pour les encourager à poursuivre cette expérimentation thérapeutique.

La même année VOGT-MØLLER²⁰⁶ rapporte deux cas d'avortement habituel chez la femme, guéris radicalement par administration *per os* d'huile de germe de blé, cas qui ont une valeur très démonstrative. Il en conclut: « le régime de ces deux patientes ne diffèrait guère de celui habituellement en usage au Danemark; il pouvait bien être pauvre en vitamine E, mais peut-être que les besoins en cette vitamine varient avec les individus, de sorte qu'une hypovitaminose E peut très bien avoir été en cause dans ces deux cas. Le matériel, d'ailleurs, est trop peu nombreux pour nous permettre de fonder sur lui une conclusion définitive mais, quoiqu'il en soit, il peut en être inféré que les préparations de vitamine E peuvent avoir une valeur thérapeutique dans le traitement de l'avortement habituel de la femme ».

En 1933, ce même auteur²⁰⁷ rapporte 16 guérisons sur 19 cas d'avortement habituel et 2 guérisons sur 4 cas de stérilité, obtenues uniquement par un traitement à l'huile de germe de blé et JUHASZ-SCHAFFER²⁰⁸ fait connaître 5 résultats favorables.

WATSON et PELTON²⁰⁹, en 1935, ont présenté les résultats qu'ils ont obtenus dans 80 cas cliniques traités par l'huile de germe de blé administrée *per os* à des doses de 1 cm³ jusqu'à

206. VOGT-MØLLER P., Treatment of habitual abortion with wheat-germ oil (Vitamin E), *Lancet*, 25 juil. 1931, **2**, page 182.

207. VOGT-MØLLER P., Treatment of sterility and habitual abortion with wheat-germ oil (Vitamin E), *Act. Obstet. Gynec. Scand.*, 1933, **13**: 219.

208. JUHASZ-SCHAFFER A., Das E-Vitamin, *Ergebn. d. inner. Med. u. Kind.*, 1933, **45**: 129.

209. WATSON E. M. et W. P. TEW, Wheat germ oil (Vitamin E) therapy in obstetrics, *Trans. Amer. Assoc. Obstet. Gynec. Abd. Surg.* 1935, **48**: 189-203. Et WATSON E. M., Clinical experiences with wheat germ oil (Vitamin E), *Canad. Med. Assoc. J.*, 1936, **34**: 134-140.

20 cm³ par jour. Sur 18 femmes enceintes ayant présenté de trois à quinze avortements antérieurs, treize accouchent d'un nouveau-né bien portant. Sur 17 femmes enceintes ayant déjà présenté deux avortements spontanés, douze accouchent normalement et 5 ont leur grossesse interrompue. Sur 11 clientes enceintes n'ayant eu qu'un avortement, neuf ont un accouchement normal. Dix-neuf cas de menace d'avortement sont traités, le plus souvent après le début de l'hémorragie, et treize sont radicalement guéris. Quant au traitement de la stérilité proprement dite, il ne semble pas bénéficier de cette vitamine, entre leurs mains.

Il est à remarquer que la proportion de succès en cas d'avortements habituels ou menaçants est d'environ 75 %, identique donc à la proportion de résultats favorables obtenus dans ces mêmes affections par KROHN, FALLS et LACKNER ²¹⁰ à l'aide de « progestin » (hormone du corps jaune). Aussi a-t-on pensé en raison des analogies constatées dans leur mode d'action, que la vitamine E et l'hormone ovarienne, l'œstrone, sont identiques, mais la preuve n'en a pas été donnée ²¹¹.

VITAMINE Z

En 1925, VON SZILY et EKSTEIN ²¹² remplaçant le gluten par la gélatine dans un régime spécial et obtenant une cataracte chez les jeunes rats pensèrent à l'existence d'une vitamine Z du gluten. Mais STEPP et FRIEDENWALD ²¹³ n'ont pu arriver à reproduire cette lésion. GOLDSCHMIDT et YOSHIMOTO ²¹⁴ ont prouvé que ces premiers chercheurs avaient exposé à l'air le cristallin de leurs rats durant les dix premiers jours de leur vie, ce qui entraîne une modification, indépendante de tout régime, qui avait créé une confusion. La vitamine Z du gluten n'existe donc pas; nous la citons pour mémoire.

210. KROHN L., FALLS F. H. et LACKNER J. E., On the use of the lutein hormone, progestin, in threatened and habitual abortion, *Amer. J. Obstet. and Gynec.*, 1935, **29** : 198.

211. THOMAS ²⁸, *Manuel de biochimie*, p. 683.

212. VON SZILY et ECKSTEIN, *Kl. Woch.*, 1924, **I** : 15 et 7 mai 1925 : 919.

213. STEPP et FRIEDENWALD, *Kl. Woch.*, 1924 : 2325,

214. GOLDSCHMIDT, *Kl. woch.*, 2 avril 1927; 635,

DIASTASES

Les diastases du grain de blé sont importantes à connaître, car elles agissent non seulement lors de la germination de la graine mais encore notamment au cours de la panification. Elles sont localisées dans l'embryon et dans l'assise protéique, comme nous allons le voir.

MÈGE-MOURIÈS²¹⁵ au cours des années 1835 à 1860 a consacré une série de mémoires à l'étude de ce qu'il nommait la *céréaline*, dont les traits principaux ont été résumés par CHEVREUL²¹⁶ dans ses rapports à l'Académie de Médecine des 21 novembre 1853 et 12 janvier 1857.

« Aisément soluble dans l'eau, cette céréaline au cours du pétrissage est abandonnée par l'assise protéique et mélangée à l'état de solution par ce pétrissage même, à la pâte glutineuse et amylacée que le boulanger abandonne à la fermentation »²¹⁷.

MÈGE-MOURIÈS et avec lui d'autres auteurs attribuent à la *céréaline* la propriété de solubiliser l'amidon et le gluten, et de colorer une substance spéciale du son en brun, ce qui produit un pain bis et qui serait de qualité inférieure.

Cette *céréaline* n'est en réalité que la réunion de plusieurs diastases que l'on a su depuis différencier.

1. — L'*amylase* commune, du groupe des diastases du malt, qui hydrolyse l'amidon en dextrine puis en maltose.

2. — La *gluténase* qui paraît plutôt formée de deux diastases protéolytiques se rapprochant, l'une de l'invertine, l'autre de la pepsine. G. BERTRAND et MUTTERMICH²¹⁸ ont étudié l'action de ces deux diastases. Dans une première phase agit une protéase qui hydrolyse les matières protéiques du son et du gluten (ainsi que la caséine du lait de vache) en mettant en liberté un chromo-

215. MÈGE-MOURIÈS, *C. R. Ac Sc.*, 1853, **37** : 351 et 427, 1854, **38** : 505, 1856, **42** : 1122, 1857, **44** : 40, 1858, **46** : 126 et 431, 1860, **50** : 407.

216. CHEVREUL, *C. R. Ac Sc.*, 1853, **37** : 775, 1857 **44** : 40 et 449.

217. A. GIRARD et LINDET⁶, p. 46.

218. BERTRAND G. et MUTTERMILCH, Sur la tyrosinase du son de froment, *Bull. Soc. chim.*, 1907, **1** : 837-841. Sur le phénomène de la coloration du pain bis, *Ibid.*, 1907, **1** : 1048-1051.

gène incolore ayant les caractères essentiels de la tyrosine et n'étant peut-être rien autre que ce corps. Dans une seconde phase, sous l'action d'une autre diastase, de l'oxygène est fixé sur ce chromogène et il se forme finalement un produit brun-noir; ainsi s'expliquerait pour des auteurs, le brunissement à l'air de l'extrait de son.

Remarquons ici que PETTIBONE et KENNEDY ²¹⁹ ayant admis qu'au cours de la germination « les réserves de protides du grain sont solubilisées sous forme d'acides aminés ou de peptides » ²²⁰, il faut alors reconnaître que cette désintégration des protides se manifeste sous l'action de diastases incluses dans ce grain, soit donc de cette gluténase.

3. — La *cytase* ou cellulase existe également dans le grain de blé. Elle est sécrétée par le scutellum de l'embryon et transforme les hemicelluloses lors de la germination (BROWN et MORRIS).

4. — C'est une *peroxydase* qui se trouve dans l'assise protéique du blé ainsi que des autres graminées et « qui donne la coloration bleue en présence d'eau oxygénée et de teinture de gaïac, coloration qu'on avait tout d'abord rapportée à l'existence d'amylase » ²²¹.

5. — « On a pu extraire des graines de blé la *carboxylase*, diastase particulière, différente de l'alcoolase et de la zymase. On a pu lui rapporter la transformation de l'acide pyruvique ²²² ou de ses sels en gaz carbonique, aldéhyde éthylique et même quelquefois en alcool » ²²³.

Citons encore :

6. — Une *lipase*, susceptible de saponifier les matières grasses.

219. PETTIBONE C. J. V. et KENNEDY C., Translocation of seed protein reserves in the growing corn seedling, *J. Biol. Chem.*, 1916, **26** : 519-525.

220. LEGENDRE 46, *Les céréales*, p. 37.

221. MOLLARD 78, **3** : 186.

222. L'acide pyruvique $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{CO}_2 \text{H}$ est une substance intermédiaire entre le sucre et l'alcool, donc un produit secondaire de la fermentation alcoolique.

223. MOLLIARD 78, **3** : 246-250.

7. — Une *phytase* ou phosphatase, dédoublant la phytine.

8. — Une *catalase*, ferment oxydant qui doit jouer un rôle dans la respiration du grain.

Essayons d'envisager la localisation de ces diastases à l'intérieur du grain. Déjà, en 1904, WENDER et LEWIN²²⁴ étudiant la quantité d'oxygène libérée en une heure de 35 cm³ d'une solution d'eau oxygénée lorsqu'on y ajoute 100 gr. de farine dilués dans 200 cm³ d'eau, trouvent qu'un échantillon de faible taux d'extraction libère 64 cm³ d'oxygène, alors qu'un autre de taux élevé en libère 246 cm³. Et ils en concluent que les farines contenant les parties périphériques, plus cellulósiques, du grain de blé, sont plus riches en catalase que celles provenant de la partie interne²²⁵.

L'année suivante WENDER²²⁶ constatait que l'amidon de blé libère 8 cm³ d'oxygène alors que le son en libère 342 cm³ dans les mêmes conditions que précédemment²²⁵. LIECHTI²²⁷, en 1909, estime que la qualité d'une farine peut être évaluée par la quantité d'oxygène qu'elle libère²²⁵.

BAILEY²²⁵ est revenu sur ces notions, et il a étudié la teneur en catalase des divers produits de mouture d'un même blé. Par une méthode à l'eau oxygénée, il a obtenu les teneurs du tableau 47, pour des farines de froment américaines.

Et il conclut: « Le pourcentage de cendres et la quantité de O₂ dégagée ne sont pas parallèles. Avec une quantité double de cendres, l'activité de catalase augmente environ de 340 % sur la valeur la plus basse, pour le triple elle augmente de 500 % ».

224. WENDER N. et LEWIN D., Die katalytischen Eigenschaften des Getreides und der Mehle, *Oster. Chem. Ztg.*, 1904, **7** : 173-175.

225. BAILEY C. H., The catalase activity of american wheat flours, *J. Biol. Chem.*, 1917, **32** : 539-545.

226. WENDER N., Feinheitsbestimmung der Mehle, *Z. Nahr. Genussm.*, 1905, **10** : 747-756.

227. LIECHTI P., Die Prüfung von Mehlen auf Grund ihres gehalten an Katalase *Chem. Ztg.*, 1909, **23** : 1057.

Tableau 47

	Cendres	% dégagés en 60 min.	Cm ³ de O ₂ 30 min.
Moulin de 5.000 barils par jour :			
Patent	0,36	6,9	11,6
1st Clear	1,04	41,1	52,4
2nd Clear	2	58,9	97,2
Moulin de 1.000 barils :			
83 % Patent	0,42	10,2	14,2
100 % Straight	0,48	16,1	22,9
17 % Clear	0,72	34,9	45,1
Moulin de 850 barils :			
Marque A	0,49	14,1	20,6
— L	0,54	16,7	26,2
— T	0,93	38,4	51,6
— E	1,42	72,4	80
Moulin de 500 barils :			
80 % Patent	0,43	5,5	11,5
Straight	0,48	12,6	19,9
20 % Clear	0,86	30,1	43,4

COURBE ²²⁸, étudiant le pouvoir diastasique de diverses qualités de farines françaises, au moyen de la formation de maltose, fournit le tableau 48, d'où il conclut: « Ainsi, les farines trop

Tableau 48

Farines	Taux d'extraction	Pourcentage de maltose en gr. formé après :			
		1 h.	2 h.	3 h.	4 h.
Première .	65 %	1,05	1,42	1,67	1,78
Seconde ..	8 %	1,29	1,68	1,96	2,07
Troisième.	2 %	1,56	2,12	2,42	2,58
Intégrale .	75 %	1,12	1,50	1,76	1,86

blutées, à taux d'extraction extrêmement bas, sont déséquilibrées au point de vue diastasique. C'est ce qui explique la valeur des procédés Humphries qui consistent à ajouter à la farine des extraits de son. Signalons l'influence favorable du germe, généralement éliminé en totalité dans la mouture par cylindres. Les farines extraites de blés germés ont un pouvoir diastasique très

élevé ». LOEB²²⁹ a également étudié le pouvoir diastasique des farines; nous verrons quelques-uns de ses résultats en traitant de la panification.

STOCKHAM²³⁰ a montré que les temps nécessaires pour qu'une même quantité de « patent » et de « 2d clear flour » liquéfie la gélatine sont respectivement de 354 heures et 144 heures. Les farines provenant de la partie du grain où est logé le germe ont donc un pouvoir liquéfiant sur la gélatine supérieur à celui des farines provenant de l'autre extrémité²³¹.

Remarquons encore que l'acidité des farines, au cours de leur maturation a une influence favorable sur le pouvoir diastasique²³². D'ailleurs cette maturation paraît pour une bonne part être l'œuvre de certaines diastases. Selon COURBE²³³ les phénomènes de la maturation pourraient se considérer en deux phases: la première « (trois ou quatre semaines) favorable à la panification, fait apparaître l'ion diphosphate (PO_4H), résultant du dédoublement par une phytase de la phytine. Une seconde phase, avec régression plus ou moins rapide de la valeur boulangère (par répercussion sur le gluten) correspond à la saponification des glycérides par une lypase; enfin, à ce stade d'altération, le gluten peut subir une protéolyse par une gluténase en donnant des acides aminés ».

Pour les farines de la manutention militaire, l'optimum de maturation a lieu après six mois de mouture. Au cours de cette maturation, se produit de plus, pour les farines bisées, un blanchiment naturel, par oxydation de leurs pigments caroténiques²³⁴. La quantité d'eau absorbée par la farine pour l'ob-

229. LOEB³⁹, première et deuxième parties.

230. STOCKHAM W. L., Some factors related to the quality of wheat and the strength of flour, *No. Dak. Agric. Exp. Station, Bull.* 139, 1920.

231. BAILEY⁶⁰, p. 266.

232. LOEB³⁹ et COURBE²⁶, p. 70.

233. COURBE²⁶, p. 45.

234. Travaux de : WINTON A. L., Color of flour and a method for the determination of the «gasoline color value», *U. S. Dept. Agric. Bur. Chem. Bull.* 137, 1911 : 144-148 ; de SWANSON C. O., WILLARD J. T. et FITZ L. A. Kansas flours, *Kansas Agric. Exp. Station Bull.* 202, 1915 ; de SAUNDERS C. E., NICHOLS R. W. et COWAN P. R., Researches in regard to wheat flour and bread, *Cent. Exp. Farm (Canada) Bull.* 97, 1921 ; cités par BAILEY⁶⁰, p. 182.

tention d'un pâton de consistance normale croît et le volume du pain est accru grâce à cette évolution interne de la farine, dont les phénomènes ne sont pas encore suffisamment élucidés. La formation d'acides gras, les transformations physiques du gluten, le mode d'action des diastases mériteraient d'être approfondies.

Selon LOEB²³⁵, constatant que « les farines très sèches par exemple et emmagasinées dans de bonnes conditions se conservent pendant des mois avec un pH constant; leurs qualités plastiques cependant continuent à se modifier très sensiblement, phénomène où par conséquent la réaction du milieu n'est pour rien » pense que les modifications qui ont lieu en cours de maturation sont d'ordre purement physico-chimique. Et si ultérieurement les qualités plastiques diminuent en même temps que le pH s'acidifie il y voit l'intervention des acides créés par la microflore qui envahit les farines petit à petit.

L'élimination de ces diastases dans les farines blanches de cylindres, si elle en permet la conservation aisée, alors que « tous les autres produits s'altèrent, et d'autant plus vite qu'ils sont en plus petites particules et présentent plus de cellules à ferments ouvertes »²³⁶, ne peut manquer d'entraver ce phénomène naturel de la maturation que les anciens boulangers savaient adroitement utiliser.

Pour terminer disons que ces diastases du grain de blé, ou plutôt de l'assise protéique et du germe, sont des éléments particulièrement importants dont l'étude s'impose afin de mieux connaître leurs actions et leur rôle dans la panification. BRUÈRE²³⁷ estime que « leur activité favorable à la germination du blé et à la prédigestion de ses principes immédiats azotés, gras ou hydrocarbonés, devrait être considérée comme un « test biologique » des phénomènes utiles accomplis au cours de la panification, au lieu de servir de prétexte à une classification arbitraire en pain des pauvres, pain ordinaire et en pain de fantaisie ou de luxe, basée sur les apparences trompeuses, du point de vue alimentaire, de la mie ».

235. LOEB³⁹, p. 115-116.

236. LEGENDRE⁴⁶, *Les Céréales*, p. 190.

237. BRUÈRE⁷⁵, *Les Trésors alimentaires...* p. 4.

CONCLUSIONS

Après avoir passé successivement en revue les nombreux éléments que la science moderne a permis de déceler dans le grain de blé, il importe de considérer en raccourci ces notions avant de poursuivre notre étude, ces bases devant nous permettre ultérieurement d'en tirer d'importantes conséquences.

On a constaté que la composition des diverses régions du grain offre des différences considérables.

Au centre, l'albumen, richement amylacé, est pauvre en autres éléments; peu de gluten, pas d'autres substances azotées, très peu de sels, aucune graisse ni vitamine ni diastase.

A mesure que l'on se rapproche de sa périphérie la teneur en gluten, en matières azotées et en sels croît. L'assise protéique offre au maximum: protides, lipides, sels, vitamines et diastases; c'est la zone la plus riche en ces éléments et PARMENTIER, malgré des moyens d'étude qui nous paraissent primitifs, en avait soupçonné la richesse; ne l'avait-il pas dénommée « la couche merveilleuse » ?

Le son est assez riche en sels minéraux et est surtout constitué de cellulose. Nous verrons quel rôle il peut jouer dans l'économie humaine.

Quant au germe il offre, comme l'assise protéique, des éléments particulièrement intéressants. Riche en sucres, en acides aminés, en sels, notamment en phosphates assimilables (phytine), en huile (graisse phosphorée et essence parfumée) et en vitamines (de croissance, de régulation glycémique et surtout de reproduction), il fournit à la thérapeutique des médications efficaces et importantes.

Ces distinctions méritaient d'être soulignées puisque nous verrons qu'au moulin, le grain est broyé de telle manière que les produits de la mouture peuvent comprendre ou exclure les parties du grain que l'on veut, ou à peu près. Autrement dit une mouture bien conduite permet d'incorporer à la farine panifiable, donc au pain qui en résulte, tel ou tel de ces éléments, comme elle permet également de les en exclure.

Or il se trouve que les substances nobles, dont les aliments usuels sont pauvres en général, substances ayant une haute valeur nutritive, facilement assimilées, et même utilisées par la thérapeutique, telles que la phytine, les vitamines B et E, l'acide glutamique (glutathion), etc... et qui se trouvent réunies principalement dans le germe, dans les couches périphériques de l'amande et dans l'assise protéique, sont, en raison de certains principes que nous aurons à critiquer, rejetés actuellement de l'alimentation humaine pour être ajoutés à la pâture des animaux.

Cela est-il logique et y a-t-il des raisons suffisantes d'agir ainsi ? Voilà ce que nous allons examiner, mais il est nécessaire auparavant d'envisager, même de manière très sommaire, le passage du grain au moulin.

CHAPITRE IV

Etude des procédés de mouture et des diverses farines qu'ils produisent

Il existe deux procédés, presque exclusifs, de mouture. Le premier en date, celui par meules, remonte à la plus haute antiquité; le second, par cylindres, est moderne, puisqu'il date de 1872 environ.

Il est inutile de rappeler ici l'histoire de ces deux moutures ni de faire figurer dans ces pages une description des appareils très perfectionnés que ces procédés, surtout le dernier, utilisent actuellement. Pour avoir ces détails, il suffirait au lecteur de se reporter aux traités déjà anciens de PARMENTIER ²³⁸, BEGUILLET ²³⁹, BOLAND ²⁴⁰ et à ceux plus récents de A. GIRARD et LINDET, FLEURENT, AMMANN ²⁴¹.

Nous ne donnerons donc ici que des notions très sommaires qui pourront paraître oiseuses au praticien habitué de ces questions, mais qu'il est indispensable de rappeler pour permettre au lecteur non averti de comprendre certaines conséquences de la mouture très importantes pour le sujet qui nous occupe. Il est bien entendu que nous ne parlerons ni du nettoyage, ni du mouillage ni de l'essorage qui précèdent le broyage du grain.

238. PARMENTIER, *Le parfait boulanger, ou traité complet sur la fabrication et le commerce du pain*, Paris, Imp. royale, 1778, in-8°, liii + 639 pages.

239. BEGUILLET, *Traité de la connaissance générale des grains et de la mouture par économie, contenant la manière de moudre les grains...*, Paris, Pankoucke, 1775-1778, 4 vol., in-8°.

240. BOLAND ⁴⁸.

241. AMMANN L., *Meunerie et boulangerie*, Paris, J.-B. Baillière et fils, 1925, in-8°, viii + 528 pages.

Récemment ont été innovés deux systèmes qui bien que différents dans leurs principes, réalisent tous deux des procédés de mouture et de panification totalement différents de ceux usités jusqu'alors. L'obligeance des exploitants de leur licence en France, jointe à l'amabilité du D^r Lenglet qui nous a mis en rapport avec eux, nous a permis de réunir une documentation inédite; aussi exposerons-nous ces procédés en détails.

LA MOUTURE PAR MEULES

Le moulin à meules est constitué de deux meules cylindriques, en pierre (silex meulier le plus souvent), de grand diamètre et de faible hauteur, maintenues l'une au-dessus de l'autre, horizontalement. L'inférieure ou gisante est fixe, la supérieure ou tournante est animée d'un mouvement de rotation autour de son axe. Elles sont formées chacune par l'assemblage soigneux de petits blocs ou carreaux de dureté croissante en allant vers la périphérie. Les surfaces en travail, munies de fines rugosités et rhabillures (retaillées périodiquement par le meunier) sont creusées de sillons ou rayons dont le profil est spécialement étudié.

Le blé, introduit entre les deux meules, en leur centre, poussé par les autres grains qui arrivent et soumis à la force centrifuge, chemine vers la périphérie de la meule en étant progressivement broyé du fait de l'espace moindre qui sépare les meules à leur périphérie où elles sont presque en contact, alors qu'en leur centre l'espace est tel que le grain y pénètre largement, et aussi du fait du profil des rayons. D'abord grossièrement concassé, il est fragmenté de plus en plus finement et les produits de broyage s'échappent à la périphérie de la meule.

Les enveloppes, plastiques, s'étirent, se laminent sous cette action; retenues par la surface rugueuse de la meule gisante, elles sont continuellement grattées par la meule courante et sortent finalement à l'état de feuilles de son complètement curées, cependant que les gruaux réalisant un trajet en spirale, passent du fond des sillons au sommet des rampants où les meules sont plus rapprochées, et sont ainsi progressivement pulvérisés, l'amande étant très cassante,

Il résulte de ces considérations que, si les meules sont très écartées, on obtient beaucoup de gruaux non pulvérisés et peu de farine: c'est la mouture dite haute ou ronde. Si elles sont très rapprochées, l'inverse a lieu; on fait alors de la mouture basse, procédé le plus généralement usité. Le tableau 48 fourni par A. GIRARD et LINDET fixera les idées.

Tableau 48

	Mouture	
	Basse	Haute
Farine de 1 ^{re} jet	60 à 61 kg.	26 à 27 kg.
Gruaux de toutes sortes ..	22 à 23 —	48 à 50 —
Sons achevés	16 à 17 —	—
Sons inachevés	—	25 à 26 —

Durant ce broyage, il y a échauffement des produits moulus (plus marqué dans la mouture basse). On y remédie par un courant d'air qui balaye la surface des meules et aide à la sortie de la boulange (ensemble des produits de mouture) du moulin.

L'unique méthode employée dans toute l'antiquité et jusqu'au XVI^e siècle ne comportait qu'un seul broyage suivi d'un tamisage pour séparer la farine des gruaux, sons, etc... C'est la mouture d'un seul trait, encore dite à la grosse, dans laquelle le blutage avait souvent lieu chez le boulanger.

Vers 1720-1740, le remoulage des gruaux devint habituel et même obligatoire. Depuis, cette mouture dite économique est la plus fréquemment utilisée.

LA MOUTURE PAR CYLINDRES

Le principe sur lequel repose la mouture par cylindres est tout autre. Le blé passe ici dans une série de broyeurs, constitués chacun de deux cylindres horizontaux, en fonte durcie généralement, tournant en sens inverse l'un de l'autre et à des vitesses différentes.

Leur surface porte des cannelures hélicoïdales, parallèles, de profil variable suivant le constructeur. La marchandise qui tombe entre les deux cylindres se trouve engagée dans un espace

de plus en plus restreint; maintenue entre les cylindres, elle y subit une compression: l'albumen ou ses fragments éclatent en donnant un peu de farine et surtout des fragments de dimensions moindres.

GRANDVOINET ²⁴², qui a procédé à une étude mathématique des forces auxquelles est soumis le grain entre ces cylindres, a démontré qu'ils agissent à la manière d'un piochage; le cylindre le plus rapide peut être regardé comme exécutant une sorte de mouvement de rotation avec glissement au cours duquel ses cannelures raclent les particules d'amande farineuse adhérentes aux enveloppes.

Le nombre des moulins, donc de passages, auquel est soumis le grain est variable, de six à treize en général. A chacun d'eux, l'écartement entre les cylindres devient de plus en plus faible et les cannelures de plus en plus fines. On réalise donc une mouture progressive dans laquelle le grain est attaqué peu à peu. Les fragments d'amande, débarrassés de toute enveloppe, seront en fin de passages, repris dans les convertisseurs, pour être convertis en farine. Les fragments d'enveloppe sont beaucoup moins brisés qu'avec les meules; les feuilles de sons sont ici beaucoup plus larges.

Entre deux broyages consécutifs, les produits en voie de mouture passent dans une bluterie qui sépare les parties fines (mélange de farine et de petits gruaux) des parties grossières (enveloppes encore chargées d'albumen). Celles-ci sont seules soumises au moulin suivant, tandis que les gruaux iront aux convertisseurs.

La boulange est donc dans ce cas constituée par l'ensemble des produits récoltés à la sortie de toutes ces bluteries intermédiaires.

Il faut noter que le premier passage a un rôle bien défini: fendre le grain selon son sillon longitudinal, en en faisant sauter le germe et en libérant les poussières qui ont pu y subsister

242. GRANDVOINET, *Principes d'action des divers appareils proposés pour aider ou remplacer les meules*. Conf. faite au 2^e Cong. commerc. et indus. des grains et des farines, Paris, 20 septembre 1888,

malgré le nettoyage. Pour cette raison ces cylindres ont reçu le nom de cylindres fendeurs-égermeurs. Le produit de ce premier passage n'est pas incorporé à la boulange finale, non plus que celui du dernier broyage; celui-ci se fait sur des sons presque dépourvus de portions d'albumen; il fournit des produits colorés. En Amérique « dans certains moulins, une partie des germes aplatis est séparée par tamisage et vendue comme germes de blé pour la confection de préparations vitaminées. La plupart se retrouve dans les « standard middlings », lesquels servent de nourriture aux bestiaux » ²⁴³; actuellement il en est de même en France.

Dans la mouture par cylindres, l'échauffement est moins marqué qu'avec les meules, cependant ces moulins comportent un système de ventilation, plus rarement une circulation d'eau à l'intérieur des cylindres broyeurs.

Les semoules et gruaux sont séparés d'abord d'avec les particules de son par les bluteries qui effectuent sur ses produits une sorte de tamisage, obtenu actuellement par des procédés ingénieux et compliqués. Après quoi, ces portions d'albumen sont débarrassées de la farine qui y est adhérente par « séchage », puis triées en produits plus ou moins « vêtus » par le sassage (méthode basée sur leur densité d'autant plus faible que la quantité d'enveloppe est plus importante). Ensuite seulement elles sont broyées par simple compression entre deux cylindres à surface lisse nommés convertisseurs.

LA MOUTURE PAR « SODERS »

Cet appareil est constitué par un calibreur formé de deux cylindres lisses en fonte durcie, tournant sans vitesse différentielle, dans lequel le produit qui doit être converti passe par pression sans friction, avant d'être attaqué par un réducteur; ce dernier est formé d'une couronne tournant devant une coquille fixe en aggloméré de silex meulier, et réalise une friction sans pression. L'action du « Soder » est moins violente que celle des

cylindres convertisseurs, plus prolongée aussi et échauffe moins le produit travaillé; la farine est plus ronde, à finesse égale, que celle de cylindres.

Telles sont fort succinctement rapportées les opérations essentielles de la mouture par cylindres. Il suffit d'ouvrir un traité moderne de meunerie pour se rendre compte de la complexité de ces broyages, sassages, blutages, convertissages répétés. Dans la pratique il est très malaisé de suivre sur place, dans un moulin assez conséquent, la marche suivie par les diverses régions anatomiques du grain. Quant aux produits récoltés en fin de mouture on voit qu'ils sont très nombreux. La plupart seront réunis en plusieurs lots qui constitueront les différentes farines et issues offertes au commerce par le meunier.

COMPARAISONS ENTRE CES MODES DE MOUTURE

« Il est assez téméraire de préciser les résultats obtenus par la mouture aux cylindres et de comparer, comme on a fait souvent, au point de vue rendement, les deux procédés de mouture », estiment A. GIRARD et LINDET²⁴⁴. « Ce rendement est, en effet, ce que l'on désire qu'il soit; on peut en ajoutant à la farine fleur des farines deuxième et troisième, l'augmenter. Ce que l'on peut dire, c'est que, à rendement égal et même inférieur, la farine de meules n'a pas la blancheur de la farine de cylindres ».

C'est que du fait de l'effort plus brutal des pierres, la farine de meules renferme plus de débris d'enveloppes ou « piqûres » que celle de cylindres; les gruaux vêtus ainsi que les cellules de l'assise protéique sont plus dilacérés avec les meules, et les éléments qui constituaient ces produits se retrouvent dans la farine obtenue par ce procédé, y apportant matières azotées, sels, vitamines et diastases. C'est ce que peuvent montrer les analyses de FLEURENT²⁴⁵ condensées dans le tableau 49. Les quantités

244. A. GIRARD et LINDET⁶, p. 237.

245. FLEURENT⁷, *Le pain de froment*, p. 100.

Tableau 49

Taux d'extraction	Cylindres		Farines de Meules métalliques			
	60 %	70 %	74 %	60 %	70 %	78 %
Eau	12,86	12,60	12,92	13,84	13,80	13,70
Gluten	8,56	8,58	8,73	8,19	8,71	8,68
Matières azotées totales	9,26	9,57	9,50	9,37	9,57	9,63
Matières grasses	0,91	1,11	1,16	1,17	1,31	1,31
Débris d'enveloppe et de germe	0,138	0,242	0,267	0,426	0,483	0,540

de matières grasses, azotées et débris augmentent en élevant le taux d'extraction. De plus, avec les meules, la farine obtenue est, à taux d'extraction égal, plus riche en azote, en graisses, et en fragments d'enveloppe et de germe.

BALLAND ²⁴⁶, essayant de comparer des farines de meules et des farines de cylindres, estimait que :

— « Le ligneux, les matières grasses, les sels sont en moindre quantité dans les farines de cylindres.

— la relation qui existe entre les matières salines, l'acidité, le sucre, le ligneux et les matières grasses et aromatiques est manifeste. C'est par l'embryon et l'épisperme, qui sont comme on sait, plus intimement attaqués par les meules que par les cylindres, que ces divers facteurs passent dans les farines.

— les meules produisent deux sortes de farines, différentes par leur teinte, mais assez rapprochées par leur composition chimique. Avec les cylindres, on peut retirer d'un même blé jusqu'à dix variétés de farines. Il suffit de recueillir séparément les divers passages. On peut même aller au delà, en combinant tous ces passages. Les variétés ainsi obtenues sont très différentes. A côté de farines relativement pauvres en matières azotées, mais d'une blancheur parfaite, on peut avoir des farines plus ou moins colorées, mais extrêmement riches en matières nutritives.

²⁴⁶, BALLAND 47, *Céréales*, pp. 129-131.

— la proportion d'eau est sensiblement la même.

— avec les cylindres, les farines sont plus pauvres en cendres, les issues sont plus riches.

— plus le taux de blutage diminue [et alors le taux d'extraction croît], plus la proportion de matière saline augmente. Avec les perfectionnements de la meunerie dans ces dernières années, les farines ont perdu et les issues ont gagné. »

La proportion des graisses, de la cellulose, des pentosanes, la richesse en P_2O_5 suit également la teneur en cendres des farines et des auteurs ont voulu tour à tour voir dans chacun de ces dosages un moyen d'estimation du taux d'extraction. Il a cependant fallu en général y renoncer, cette approximation n'étant pas assez précise.

Récemment DANGOUMAU²⁴⁷ s'estimait encore convaincu que, pour des blés marchands récoltés dans une même région, la détermination des cendres peut indiquer le taux d'extraction d'une farine commerciale. C'est l'avis de BRUÈRE, de COURBE qui lui préfèrent même l'évaluation du manganèse.

Par ailleurs, avec les meules, les germes sont pulvérisés en même temps que l'amande; ils sont donc incorporés à la farine qui de ce fait est plus riche en graisses. A. GIRARD et LINDET qui ne se firent point faute de trouver aux farines de meules tous les inconvénients possibles, ne peuvent s'empêcher de reconnaître: « On a reproché souvent à la farine de cylindres d'être plate, moins parfumée que la farine de meules; ce fait qui n'est pas contestable, tient à ce que les germes, qui renferment une huile fine, d'odeur agréable, se trouvent par le procédé même de mouture aux cylindres, éliminés de la farine, tandis qu'ils sont à l'état broyé, disséminés dans la farine de meules. Le goût que présente le pain de farine de cylindres est donc plus plat que celui auquel les consommateurs étaient autrefois habitués »²⁴⁸. Cette teneur en graisse s'oppose à un stockage trop prolongé, fait sur lequel nous nous sommes déjà prononcé.

247. DANGOUMAU A., Les farines actuelles. Taux d'extraction. Valeur boulangère, *Proc. Verb. Soc. Sc. phys. et nat. Bordeaux*, 15 décembre 1932.

248. A. GIRARD et LINDET⁶, p. 238.

Pour A. GIRARD et LINDET, le gluten s'échauffant davantage sous la meule qu'entre les cylindres, perdrait dans le premier mode de mouture une partie de son élasticité et la pâte lèverait moins bien. Mais une mouture bien conduite n'échauffe point la boulange au point de lui faire perdre ses qualités et PARMENTIER recommandait particulièrement au boulanger de veiller à ce que son meunier, pour aller plus vite et accroître son bénéfice, ne provoque cette altération du gluten par un travail trop rapide. Il disait : « Quel que soit le moteur qui fasse agir le moulin, si son action est modérée, si les meules sont bonnes et qu'elles ne soient pas trop rapprochées, les farines sortiront froides ou tout au plus tièdes... » ²⁴⁹.

Les quantités de gluten recueillies aux divers passages permettent encore de différencier ces deux procédés. FLEURENT ²⁵⁰, étudiant la division de l'albumen d'un même blé soit à la meule soit au cylindre, estime possible d'envisager quatre zones dans l'albumen, conformément au tableau 50. « Ceci montre, dit-il,

Tableau 50

Du centre à la périphérie :	Cylindres	Meules	Acide phosphorique	
	Gluten		Cylindres	Meules
1 ^{re} zone	7,70	8,70	0,239	0,309
2 ^e zone	8,04	8,88	0,252	0,322
3 ^e zone	9,64	9,66	0,322	0,405
4 ^e zone	9,93	—	0,520	—

par l'augmentation régulière du gluten et de l'acide phosphorique que les cylindres agissent bien progressivement... Pour les meules le taux de gluten est plus élevé que celui de la même zone extrait par les cylindres; la composition de ces zones étant sensiblement la même, ceci montre bien que dès le commencement du travail [des meules] des fragments d'albumen de la partie externe, plus riche, sont arrachés et mélangés aux parties centrales ». Nous avons déjà rapporté les analyses de BALLAND (tableau 8), de

249. PARMENTIER ²³⁸, *Le parfait boulanger*, p. 150.

250. FLEURENT ⁷, *Le pain de froment*, p. 91.

FLEURENT (tableau 6), de COBB (fig. 3) démontrant cette progression de teneur du gluten à l'intérieur de l'amande.

Ces faits joints à un abaissement du taux d'extraction peuvent fournir une explication à la chute de teneur en gluten dans les farines, chute constatée après la substitution des cylindres aux meules. FLEURENT ²⁵¹ a dressé le tableau 51 de la teneur moyenne annuelle en gluten humide des farines livrées au commerce parisien. La distinction en deux périodes 1871-1880 et 1886-1895 est manifeste, elle montre une baisse marquée du gluten dans la seconde période.

Tableau 51

	Gluten humide
1 ^{re} période: 1871	30,340
1872	29,970
1873	28,010
1874	28,920
1875	29,677
1876	30,140
1877	—
1878	27,528
1879	28,217
1880	29,515
2 ^e période : 1886	24,627
1887	24,384
1888	25,265
1889	26,148
1890	25,072
1891	25,156
1892	25,477
1893	26,840
1894	25,527
1895	23,437

251. FLEURENT ⁷, *Le pain de froment*, p. 93.

Tableau 52

	Moyenne	Gluten humide % Minimum	Maximum
1 ^{re} période :			
1869-1880	29,1	27,5	30,3
2 ^e période :			
1881-1895	25,1	23,4	26,8
3 ^e période :			
1896-1914	24,7	23,1	26,8

Si FLEURENT ne veut y voir que les conséquences d'une sélection imparfaite des blés cultivés, nous pensons plutôt avec BALLAND ²⁵², auquel on doit le tableau 52, que « depuis la substitution des cylindres aux meules, les farines ont perdu 2,2 % de gluten sec ». On peut avec lui regretter ces farines de meules au taux moyen de gluten humide de 29,1 % ; c'était l'époque « où les meules produisaient ces belles farines françaises restées sans égales pour la nuance, l'arôme, la saveur et le toucher ». Cette opinion d'un savant estimé et d'un connaisseur parfait de ces questions eut mérité plus d'attention qu'elle n'en a eue.

CRAMER et MOTTRAM ²⁵³ ayant étudié l'influence du remplacement des meules par les cylindres et celle du taux d'extraction sur la teneur en vitamine B des farines, formulent ainsi leurs conclusions: « Nous avons remarqué que l'introduction de la mouture par cylindre avait sans doute provoqué une modification des habitudes diététiques de la population en supprimant de sa ration l'une des principales sources de cette vitamine... Une farine de meules fut préparée pour nous selon les anciens procédés, sous deux états de finesse, soit à 56 %, soit à 50 % d'extraction. La farine de meules extraite à 56 % fut trouvée riche en vitamine B, trois grammes étant suffisants pour assurer la guérison en l'ajoutant à la ration de base privée de vitamine B. La farine de meules à 50 % était moins riche en vitamine B: quatre grammes de cette farine (40 % de la ration) n'apportaient qu'une amélioration incomplète. La quantité minima pour assurer une guérison complète ne put être déterminée, une faible

252. BALLAND, Sur la baisse du gluten des farines, *J. Pharm. et Chim.*, 1914, 7^e sér., 9: 510-514.

253. CRAMER et MOTTRAM 192, p. 1092.

quantité de farine étant seulement mise à notre disposition ». Nous avons précédemment vu que ces auteurs avaient prouvé que les farines de cylindres sont pratiquement dépourvues de vitamine B, aussi estiment-ils que « les expériences sont suffisantes pour montrer que l'introduction des cylindres a provoqué une modification importante dans l'alimentation ».

Afin d'illustrer les variations que fait subir aux farines la modification du taux d'extraction, nous fournissons ici quelques analyses. Le tableau 53 dû à DEMPWOLF²⁵⁴ indique le pourcentage et la composition des cendres de divers produits d'une même mouture. Les rapports entre le taux d'extraction d'une farine et sa composition chimique seront saisis facilement grâce au tableau 54 de GERUM²⁵⁵. Enfin l'examen du tableau 55, em-

Tableau 53

DÉNOMINATION	Pour- centage	Cendres %	Composition des cendres (%)					
			Fe ² O ³	CaO	MgO	KO	NO	PO ⁵
Kochgriese								
A		0,398	0,525	7,296	6,899	34,663	0,988	49, 72
	0,489							
B		0,386	0,583	7,718	6,857	34,669	0,891	49,218
Auszugmehle								
0	3,144	0,380	0,630	8,057	7,008	35,482	0,744	48,896
1	2,635	0,416	0,643	7,946	7,115	35,285	0,675	48,976
2	5,291	0,452	0,627	7,454	7,795	34,254	0,678	48,519
3	7,165	0,481	0,635	7,092	8,343	33,876	0,690	49,306
Semmelmehle								
4	14,757	0,586	0,596	6,798	9,924	32,715	0,650	50,056
5	17,925	0,611	0,570	6,791	10,574	32,239	0,726	50,187
Brodmehele								
6	15,419	0,764	0,334	6,626	10,870	30,386	0,946	50,146
7	6,805	1,176	0,425	5,536	12,234	30,314	1,260	50,204
Schwarzmehele								
8	2,576	1,549	0,484	4,741	12,947	30,299	0,974	50,173
Kleien								
9	9,516	5,240	0,208	2,747	16,861	30,672	0,701	50,152
10	9,000	5,680	0,426	2,502	17,349	30,142	1,080	49,112
Kopfstaub								
11	1,290	2,648	1,671	8,203	13,023	31,489	2,144	44,054

254. DEMPWOLF O., Untersuchung der Ungarischen Weizens und Weizenmehls, *Ann. Chem. Pharm.*, 1869, **149**: 343-350.

255. GERUM J., Die Pentosane als Grundlage zur Ermittlung des Ausmahlungsgrades der Mehle, *Z. Nahr. Genussm.*, 1920, **39**: 65-69.

prunté à COURBE ²⁵⁶ « fait ressortir le déséquilibre des farines ne contenant pas l'intégralité de l'albumen. L'abaissement du taux d'extraction obtenu en éliminant les gruaux provenant de la partie périphérique de l'albumen, conduit à des farines amy-lacées à l'excès et dépourvues d'une grande partie des matières minérales et des protides gluténogènes du grain de blé ».

Il nous reste maintenant à envisager la valeur d'un certain

Tableau 54

Taux d'extraction de la farine %:	Cendres	Teneur % (calculée sur produits secs) en :		
		Amidon	Cellulose	Pentosanes
50	0,48	76,1	0,38	1,86
60	0,70	77,4	1,43	3,70
70	0,85	75,6	1,60	3,55
70	0,95	75,3	1,64	3,32
70	0,94	75,1	1,61	3,36
70	0,80	75,1	1,66	3,66
70	1,09	75,9	—	2,07
90	1,65	68,5	3,87	5,40
94	1,89	61,2	2,50	7,51
94	2,00	62,6	2,50	8,61

Tableau 55

Nature des farines :	Intégrale	Première	Seconde	Troisième
Taux d'extraction :	75 %	65 %	8 %	2 %
Humidité	13,80	13,90	13,80	12,60
Cendres	0,65	0,55	0,95	2,65
Manganèse (en mg)	0,75	0,60	1,40	3,00
Matières grasses	1,40	1,30	1,90	3,10
Débris cellulósiques	0,28	0,24	0,40	1,30
Acidité sulfurique (mg) ..	42	39	45	82
Gluten humide	28,90	29,00	32,10	23,10
— sec	10,10	9,90	11,50	12,70
Capacité d'hydratation ...	64,90	66,20	64,10	45,00

nombre d'expressions, afin de ne se heurter ultérieurement à aucune ambiguïté.

Dans la mouture très simple réalisée par meules, les expressions « taux d'extraction » et « taux de blutage » ont une signification; la proportion de farine extraite de 100 parties de grains exprime le taux d'extraction et sa différence de 100 exprime celui de blutage. Cette manière de s'exprimer a subsisté avec les procédés plus modernes de mouture par cylindres, malgré que ceux-ci soient bien plus complexes, comportant de multiples passages et blutages. « Avec le cylindre, déclare LENGLET ²⁵⁷, le taux d'extraction n'a plus de signification, si les qualités de la farine ne sont pas préalablement définies, obligatoirement respectées, et si elles ne correspondent pas à la composition équilibrée des constituants utiles du grain mis en mouture ».

En effet sous une appellation identique (farine à 78 % d'extraction, par exemple), le commerce peut offrir des produits dont nous avons vu les très grandes différences de constitution selon le diagramme de mouture, la proportion des divers produits partiels de mouture, etc...

Aussi LENGLET ²⁵⁸ peut-il encore dire: « Toute farine est un mélange des produits successifs de la mouture du grain. Au point de vue de la science et de la biologie, le mot farine est le plus indéfini des termes et pour qu'il acquiert une signification biologique précise, il faut le définir en spécifiant exactement les proportions de la substance constituante du grain moulu qui après moutures successives se trouvent incorporées à la farine ». Et également BAILEY ²⁵⁹: « Il arrive souvent que des farines représentent le même pourcentage de la farine totale, produites dans des moulins différents, sont manifestement différentes au point de vue composition et qualités boulangères ».

Au cours des analyses précédemment rapportées, nous avons vu les différents termes dont, en France, on qualifie les farines obtenues aux divers passages et dont certaines, par leur réunion,

257. LENGLET ⁹¹, p. 86.

258. LENGLET E., Agriculture, farine et pain, *Presse méd.*, 16 nov. 1932, p. 1717.

259. BAILEY ⁶⁰, p. 170.

constitueront la farine destinée à la panification. Il est indéniable que ces termes sont insuffisamment précis aux yeux de tout hygiéniste. BRUÈRE et CHEVALIER ²⁶⁰, au 1^{er} Congrès international de la panification, tenu à Rome en juin 1932, y avaient demandé « que le second Congrès envisage des définitions précises pour les nombreux termes usités en minoterie et en boulangerie ». Nous aimerions en effet que ces dénominations soient plus représentatives de l'origine des produits auxquels elles se rapportent. Ainsi BRUÈRE ²⁶¹ définit les remoulages comme étant « constitués, en principe, par l'assise protéique séparée après la remouture ou convertissage des gruaux bis; pratiquement ils sont toujours éliminés fortement piqués de recoupettes et de farine de son ». Les sons, qui avec les remoulages constituent les issues, qu'ils soient dénommés gros sons, sons fins ou recoupettes, proviennent en principe de l'enveloppe externe du grain (péricarpe et tégument séminal).

Si par *farine complète*, il est entendu clairement que l'on parle d'une farine comprenant tous les produits successifs de la mouture, sans qu'aucun blutage lui ait soustrait certaines parties, il importe de rapporter ici diverses appellations, récemment proposées en France. Pour BRUÈRE ²⁶¹ « la *farine intégrale* ou *normale*, obtenue suivant la règle précitée [du poids à l'hectolitre] à partir de blés indigènes sains et sélectionnés, conduit au *pain* sans qualificatif (pain bourgeois ou pain-tout-le-monde d'Aimé Girard) dont la vente pourrait être réglementée après une définition non équivoque de la farine panifiable. Lorsqu'on ajoute à cette farine intégrale le produit de convertissage en farine de l'ensemble des gruaux bis (farine bise et remoulages exempts de farine de sons) on obtient la *farine entière* pour pain de ménage ou de ferme. »

Aux Etats-Unis la même abondance et imprécision des ter-

260. BRUÈRE P. et CHEVALIER J., L'emploi des correctifs de la fermentation panaire et le préjugé du pain extra-blanc au 1^{er} Congrès international de la panification (Rome, juin 1932), *Bull. Ac. Méd.*, 19 juil. 1932, **107**: 3 pages.

261. BRUÈRE ⁷⁵, *Les trésors alimentaires...*, p. 2.

mes fait dire à BELL et MENDEL ²⁶² : « Par exemple, nous pourrions les trouver [les produits de moutures partielles] en pratique, sous les noms de 1st, 2d, 3d, etc... *break flour* ²⁶³ ; 1st, 2d, 3d, etc... *middlings* ²⁶⁴ ; *chunk germ flour* ²⁶⁵ ; 1st, 2d, 3d, etc... *tailings* ²⁶⁶ et de nombreuses autres appellations. C'est chose compliquée que de suivre le cours de ces produits variés jusqu'à leur produit commercial définitif ».

Il ne nous paraît donc point inutile de signaler à cette place les caractéristiques que des auteurs anglo-saxons attribuent aux divers produits de mouture, l'explication de ces termes devant permettre au lecteur de mieux interpréter certaines des analyses que nous rapportons.

Selon CRAMER et MOTTRAM ²⁶⁷ la farine blanche peut être, pour les nécessités du commerce, divisée en quelques variétés : la farine blanche la plus fine, nous dirions la farine fleur, est nommée *patent flour*. Elle représente 60 à 75 % de la totalité de la farine blanche moulue ; *straight run flour* est simplement la farine blanche totale non classée. Le produit suivant, plus grossier est nommé *sharps* ou *middlings* et est formé surtout de la cuticule interne du grain avec les cellules à aleurone, avec une faible addition d'amande et aussi de germe. De sorte qu'ils répartissent les différents produits d'une mouture de la manière suivante :

262. BELL et MENDEL ¹⁷², p. 148.

263. Farines provenant des divers passages, avant tout sassage et blutage. De tels termes techniques sont assez difficiles à traduire. Une analyse de SWANSON, WILLARD et FITZ ²³⁴ pourra aider à les interpréter. Ce sont les pourcentages donnés par ces auteurs que nous rapporterons ici et dans les notes suivantes (d'après BAILEY ⁶⁰, p. 138-139). Le taux d'hydratation des *break flours* varie de 13 à 12,48 %, les cendres de 0,70 à 1,12, les graisses de 1,12 à 1,73, le gluten sec de 12,73 à 20,20.

264. Produits intermédiaires ; terme appliqué, comme qualificatif, à différents produits et notamment à des produits granuleux qui seront ultérieurement convertis. Humidité : 12,10 à 11,32 ; cendres : 0,44 à 0,84 ; graisses : 0,83 à 1,21 ; glut. sec : 9,95 à 17,92.

265. Humidité : 12,09 ; cendres : 0,90 ; graisses : 1,47 ; glut. sec : 12,10.

266. Passages de queue de mouture. Humidité : 11,68 et 11,98 ; cendres : 1,01 et 1,20 ; graisses : 1,57 et 2,19 ; glut. sec : 14,43 et 14,96.

267. CRAMER et MOTTRAM ¹⁹², p. 1090.

Farine blanche	70 %
Sharps ou middlings...	14 %
Son	14 %
Germes	1,5 à 2 %
Pertes	0,5 %

BELL et MENDEL ²⁶² fournissent d'autres indications, parfois un peu divergentes. Selon eux *patent flour* est la farine comprenant divers passages de *middlings* provenant en grande partie de l'amande. L'usage abusif du terme *middlings* est la cause probable de nombreuses confusions. Des expressions telles que *germ middlings*, *flour middlings*, *standard middlings* se rapportent à des produits différents du commerce, vendus comme aliments pour les bestiaux, et ne provenant par nécessairement de l'amande.

La *first clear flour* contient habituellement l'amande, les cellules à aleurone et les autres enveloppes. En général, les meuniers ont coutume de ne pas moudre plus de 10 % du grain en *1st clear*. *Second clear flour* est de qualité inférieure à la précédente et contient une plus forte quantité d'enveloppes. Elle représente 5 % du grain.

La *low grade flour* ²⁶⁸ contient encore davantage d'enveloppes. Elle constitue 8 % du grain. *First* et *second clear* ainsi que *low grade flour* ne sont utilisées par le boulanger que pour une minime partie.

Quant aux *standard middlings* ils contiennent pratiquement tous les germes. On nomme ainsi une nourriture pour bestiaux. On dit encore qu'ils sont composés de ce que l'on appelle vulgairement *shorts* et *red dog*. En somme ils contiennent outre la majeure partie des germes, de fines particules de son et les parties les plus légères de l'amande qui y adhèrent. *Standard middlings* représentent 10 % du grain.

BAILEY ²⁶⁹ fournit encore quelques explications sur la terminologie usitée aux Etats-Unis que l'on consultera avec fruit.

268. Humidité: 11,08 à 11,40 ; cendres: 0,90 à 0,96 ; graisses: 1,50 à 1,67 ; glut. sec : 12,48 à 14,43.

269. BAILEY ⁶⁰, p. 169-170.

Nous terminerons cet exposé en rapportant l'opinion du meunier BONNARD-LURÇAT ²⁷⁰ : « Il est un fait indiscutable que les nouveaux procédés de mouture par cylindres ont permis d'obtenir un pain plus beau, plus blanc, plus agréable à l'œil; ce sont ces qualités toutes superficielles qui ont fait croire à un progrès dans la meunerie, quand, au contraire, elles ne présentent que des dangers pour l'avenir des nations ».

Un semblable jugement a été prononcé par de nombreux auteurs et nous aurons l'occasion d'en citer quelques-uns. Dès maintenant nous ferons nôtre cet avis de BOVET ²⁷¹ : « C'est ainsi que, pour donner au pain le plus de blancheur possible, on s'est ingénié à enlever à la farine les substances pouvant lui donner de la couleur, sans s'inquiéter si la suppression de ces substances ne portait pas un préjudice à la qualité du pain », et notre conclusion de tout ce chapitre sur la mouture sera encore la sienne : « Les nouveaux procédés de mouture par les cylindres ont certainement fait faire un grand progrès à l'industrie des farines, mais il convient de rechercher si les avantages dus à une mécanique perfectionnée sont en rapport avec les données chimiques et cliniques, les seules qui intéressent le médecin. »

Par la possibilité de dissocier le grain plus exactement selon sa constitution anatomique et d'offrir au commerce des farines plus blanches, la mouture par cylindres a permis de soustraire à l'alimentation humaine des éléments sur la valeur desquels nous reviendrons, pour certains. ROSE et VAHLTEICH ²⁷² évaluent qu'au cours de cette transformation, il y a perte de « 75 % des cendres totales, 8 % des protéines, 50 % des graisses et pratiquement toute la cellulose ». A cette spoliation de base, intrinsèque, s'ajoute encore une spoliation supplémentaire lorsque l'on fait s'abaisser le taux d'extraction.

270. BONNARD-LURÇAT ¹³³, p. 68.

271. BOVET. Cité GALIPPE et BARRÉ ⁵³, *Le pain...* Nous n'avons pu nous reporter au texte original, la référence de ces auteurs étant inexacte.

272. ROSE et VAHLTEICH ¹²⁰, p. 602-603.

Reportons-nous en effet à la composition du grain, telle que l'a fixée A. GIRARD :

Enveloppe externe ..	6 %	
Enveloppe interne ..		9,5 %
Albumen		83,0 %
Germe		1,5 %
		94,0 %

Or le moulin à cylindres, pour avoir une farine de vente aisée, ne peut retirer plus de 72 à 75 % du grain, alors qu'il devrait théoriquement en extraire la totalité de l'albumen soit 82 à 85 %; « ainsi environ 10 % du grain, qui dans une séparation parfaite devraient être convertis en farine, passent aux rejets, de moindre valeur » convient BAILEY ²⁷³. Mais le plus souvent les meuniers livrent au commerce de la boulangerie des farines dont le taux varie de 55 à 68 %, ce qui accentue cette spoliation et déséquilibre encore davantage la farine.

Par ailleurs toutes les parties du grain renfermant des substances nutritives, à l'exception de l'enveloppe externe, formée de cellulose imprégnée de sels, on a essayé d'introduire dans l'alimentation humaine les 94 % du grain que l'analyse ci-dessus montre formés d'éléments intéressants. Le problème est alors de broyer le grain et de ne soustraire que la seule enveloppe externe. A cette fin les cylindres s'avèrent totalement impropres. Les meules remplissent ce rôle, mais en partie seulement: si elles permettent d'incorporer au pain le contenu de la majorité des cellules de l'assise proléique (LIACRE ³¹⁰), elles y apportent également, à ces taux élevés, de très nombreuses piquûres.

D'autres procédés que les meules ou les cylindres ont été proposés pour atteindre les taux élevés de 85 à 95 %; nous en avons retenu deux très récents qui nous ont paru intéressants et leur description devrait se placer ici, mais nous avons pensé que les acquisitions des chapitres suivants seraient utiles à leur étude et nous les exposerons en appendice (Appendice I).

²⁷³. BAILEY 60, p. 122.

CHAPITRE V

Le problème du son et l'assise protéique et du germe

A force de manipuler, de nettoyer, de purifier, de stériliser les aliments que la nature lui offre, l'homme civilisé a fini par leur enlever, en totalité ou en partie, des substances inconnues, absolument nécessaires à l'existence.

RANDOIN et SIMONNET.
Données et inconnues...

Dans ce chapitre, nous nous proposons de revenir sur la valeur alimentaire de trois éléments du grain: le son, l'assise protéique et le germe, éléments qui ne sont pas actuellement incorporés aux farines destinées à l'alimentation humaine et sont abandonnés aux animaux. Pour les deux derniers, nous avons déjà mis en valeur leurs constituants.

ANALYSES DE SONS

Quant au son, devons-nous simplement le mentionner sans entrer dans plus de détails, le pain n'en renfermant pas usuellement ? Nous avons pensé, au contraire, que certaines notions devaient, à son sujet, être rappelées. Et tout d'abord, faisons remarquer que le son du commerce comprend non seulement l'ensemble des enveloppes du grain avec l'assise protéique mais de plus une assez abondante quantité d'albumen, de germes aussi. De plus on comprend qu'il y ait des difficultés à comparer les diverses analyses que nous allons rapporter, les échantillons de son commercial utilisés par les auteurs différant sensiblement, suivant la qualité des blés travaillés, suivant les modes de mou-

ture, suivant le taux d'extraction et le degré de perfection de l'outillage utilisé.

C'est ce que montre le tableau 56, rapportant une analyse due à POGGIALE ²⁷⁴ et pratiquée sur un son bluté à 15 %, ainsi

Tableau 56

Eau	12,669
Sucre	1,909
Matière soluble non azotée (dextrines ou substances congénères)	7,709
Matière soluble azotée (albumine)	5,615
Matières azotées insolubles :	
assimilables	3,867
non assimilables	3,516
Matières grasses	2,877
Amidon	21,693
Ligneux	34,575
Sels	5,514
	99,944

Tableau 57

Amidon, dextrine, sucre	50
Sucre de réglisse	1
Gluten	14,9
Matières grasses	3,6
Ligneux	9,7
Sels	5,7
Eau	13,9
	98,8

que l'analyse du tableau 57, due à MILLON ²⁷⁵ pratiquée après mouture d'un blé tendre, récolté en 1848, et dont on a extrait

274. POGGIALE, *Rec. et Mem. Méd. mil.* 2^e sér., 12: 351.

275. MILLON, *Ann. Phys. Chim.*, 1849. Cité GALIPPE et BARRÉ 53, 1: 178

82 % de farine. Ce dernier auteur (dont les moyens d'investigation étaient loin de valoir les nôtres) déclarait en conséquence : « L'enveloppe corticale des grains de blé est formée par du ligneux auquel adhèrent si fortement les autres principes assimilables qu'aucun moyen mécanique ne saurait les en isoler. Le son qu'on rejette entraîne toujours avec lui de la matière amylacée qui blanchit une des faces de la pellicule et qu'on détache par de simples lavages à l'eau froide. Comme le ligneux ne se digère pas, on fait le sacrifice de la substance nutritive qui lui est adhérente afin d'alléger l'entretien d'une matière inerte » ²⁷⁶.

Déjà dans une thèse passée à Saint-Petersbourg, SKOROBOGATCH ²⁷⁷ faisait connaître le résultat de ses recherches. Soumettant un son de froment du commerce à l'analyse chimique et à l'action de la pepsine et de HCl, il trouvait un pourcentage d'azote de 3,1 % (méthode de KJELDAHL-WELFORT). Le son étant soumis à l'action de l'alcool, puis de KOH, enfin de HCl, il précipite l'albumine de cette solution par l'hydrate d'oxyde de cuivre, et trouve un pourcentage « d'albumine » de 11,57 %. « Quant aux résultats obtenus par la digestion artificielle..., l'auteur a constaté que 90 % des substances azotiques contenues dans le son passaient dans la solution du suc gastrique artificielle et que principalement c'était la pepsine qui opérait la digestion ».

Voici encore deux analyses modernes, portant sur des sons recueillis au moulin de l'Assistance publique (1918) et constituant le résidu de la mouture, au taux d'extraction de 82,5 %, d'un mélange de 50 % de blé Plata et de 50 % de blé Manitoba. Celle du tableau 58 est due à KLING ²⁷⁸ et celle du tableau 59 a été faite au laboratoire du professeur LAPICQUE ²⁷⁸.

276. MILLON. Cité FLEURENT 7, p. 54.

277. SKOROBOGATCH E., *Sur la valeur nutritive du son*, Thèse St-Petersbourg, Wratch n° 11, 1889. Cité *Bull. Thérap.*, 1889, 117: 567.

278. Les tableaux 58 et 59 sont empruntés à LIACRE ³¹⁰, p. 26-27.

Tableau 58

	Pour 100 gr.	Tel quel	Supposé sec
Humidité		10,10 gr.	—
Matières azotées		16,40	18,45 gr.
— grasses		4,63	5,21
— saccharifiables par HCl dilué (glucose $\times 0,9$)		50,92	57,28
— saccharifiables par les dias- tases du malt		23,28	26,19
— non dosées et pertes		3,44	3,87
Cellulose		8,12	9,13
Cendres		5,39	6,06
		100,00	100,00

Tableau 59

	Pour 100 gr.	Tel quel	Supposé sec
Humidité		11,71 gr.	—
<i>Après action de la pancréatine.</i>			
1° Portions solubilisées :			
Matières azotées		10,45	11,84 gr.
— saccharifiables		30,31	34,33
2° Résidu insoluble		17,83	20,19
— non dosées		29,70	33,64
		100,00 gr.	100,00 gr.

Le son commercial contient donc une forte proportion d'éléments solubles. Ces sels sont de valeur et méritent d'être pris en considération par l'hygiéniste. BARILLE²⁷⁹ fait bouillir 30 gr. de son dans un litre d'eau durant 45 minutes; après tamissage, le liquide résiduel a la composition que rapporte le tableau 60. GALIPPE et BARRE ont repris l'étude des matières minérales assimilables du son. Pour des sons provenant de la Boulangerie des

279. BARILLÉ, *J. Pharm. Chim.*, 1891. Cité GALIPPE et BARRE 58, 1: p. 203.

Tableau 60

Glucose	1,464 gr. par litre.	
Dextrine et amidon soluble	1,299	—
Amidon et cellulose saccharifiable.	0,832	—
Cellulose	0,931	—
Extrait sec	8,675	—
Matières azotées	2,277	—
— grasses	0,160	—
Cendres	1,050	—
Acide phosphorique	0,218	—

Hôpitaux de Paris (mouture alors pratiquée par meules), ils dressent le tableau 61 de leur teneur en cendres et de la composition de celles-ci ²⁸⁰. Mais une telle richesse minérale serait de

Tableau 61

Echantillons	Cendres	CaO	P ² O ⁵	MgO
Son 1	5,122	0,335	2,495	0,578
— 2	6,175	0,270	2,850	0,851
— 3	6,000	0,450	3,130	1,000
— 4	—	0,335	2,946	0,595

peu d'intérêt si ces sels n'étaient assimilables. Ces mêmes auteurs tentèrent donc de digérer le son *in vitro*. Dans une première expérience ²⁸¹ « 20 gr. de son ont été mis à digérer dans 168 gr. de suc gastrique pendant six heures, à 38° C. ». Après filtrage, le son est lavé à l'eau froide, puis desséché et incinéré. Les résultats sont consignés dans le tableau 62.

Dans une autre expérience ²⁸², ils exposent, pendant six heures à 40° C, 5 gr. de son traités par 50 cm³, soit HCl, soit d'acide lactique, en solution à 1/1000. Les liqueurs, après filtra-

280. GALIPPE et BARRÉ ⁵³, 1: 209-210.

281. GALIPPE et BARRÉ ⁵³, 1: 211.

282. GALIPPE et BARRÉ ⁵³, 1: 212.

Tableau 62

Pour 100 :	Son utilisé	Son épuisé par suc gastri- que
Cendres solubles dans HCl	5,122	0,597
CaO	0,335	0,235
MgO	0,578	0,034
P ² O ⁵	2,456	0,271
P ² O ⁵ de Fe ² O ³ P ² O ⁵	0,039	0,025
P ² O ⁵ total	2,495	0,296
	11,025	1,458

tion, évaporation et incinération, fournissent les chiffres du tableau 63.

Tableau 63

Sels dissouts	Dans la liqueur chlorhydrique	lactique
Chaux (sur 0,500 gr. des 5 gr. de son) .	0,300	0,300
Acide phosphorique (sur 3,100 gr.) ..	2,686	2,680
Magnésie (sur 1,056 gr.)	0,750	0,750

D'où la conclusion: « Si l'on peut, dans une certaine mesure, admettre l'élimination du gros son, on ne peut accepter celle des téguments sous-corticaux, auxquels tous ceux qui se sont occupés de cette question, ont reconnu une teneur élevée en éléments minéralisateurs. Que l'on envisage cette question du pain dans le sens où nous la comprenons, et devant les résultats cités par M. A. GIRARD, prouvant la digestibilité des trois quarts des substances minérales du son, ainsi qu'en présence des chiffres obtenus par nous, on sera convaincu du bien-fondé de notre thèse » ²⁸³.

EXPERIENCES SUR L'ASSIMILATION DE SONS DIVERS

Ainsi, dans le son, si la partie formée des premières enveloppes (péricarpe et tégument séminal) est indigestible, il n'en

est pas de même de la bande hyaline, de l'assise protéique et des fragments périphériques de l'albumen. C'est ce que montrent les travaux de LIACRE et de LAPICQUE. Ce dernier écrira, en conséquence de ses recherches: « On n'est donc pas en droit de confondre le son, produit d'une séparation imparfaite, avec l'écorce indigestible du blé » ²⁸⁴.

Avant ces auteurs, POGGIALE, RATHAY et A. GIRARD avaient bien réalisé des expériences de digestibilité du son *in vivo*, mais leurs résultats étaient critiquables. Ils méritent cependant d'être rapportés. Nous emprunterons le détail de leurs expériences à l'ouvrage de A. GIRARD et LINDET ²⁸⁵.

POGGIALE ²⁸⁶ ajoute, à la nourriture de deux chiens, un poids connu de son. Les fragments de son rejetés parmi les excréments en sont séparés et analysés. Il trouve ainsi que la perte en matières grasses, amylacées et azotées n'est que de 23 % de son poids. « Dans une autre expérience, du son ayant traversé successivement les organes digestifs de deux chiens et d'une poule, le résidu de ces trois digestions successives a été trouvé riche encore à 3,52 % de matières azotées, non assimilables à coup sûr. » ²⁸⁵

A. GIRARD et LINDET ne peuvent s'empêcher d'adresser deux critiques à cet expérimentateur: 1° le son utilisé comportait l'enveloppe proprement dite « retenant attachée à sa face interne la moitié au moins de son poids d'amande farineuse nécessairement assimilable » ; 2° il peut exister des différences entre les puissances digestives des animaux et de l'homme.

Aussi RATHAY ²⁸⁷ « pendant plusieurs jours, s'est soumis lui-même à un régime spécial comprenant exclusivement comme aliment solide du pain de Graham c'est-à-dire du *pain fait de grains entiers ou grossièrement concassés*, et comme boisson, du thé russe. En examinant... les matières excrémentielles rejetées, surtout après le cinquième et le sixième jour, RATHAY y a trouvé

284. LAPICQUE L., Le rendement alimentaire du blé suivant le taux de blutage, d'après des expériences inédites, *Bull. Ac. Méd.*, 1926, **96**: 16-21

285. A. GIRARD et LINDET ⁶, pages 48-53; aussi FLEURENT ⁷ pages 57-61.

286. POGGIALE, *J. Pharm. Chim.*, 1853, **24**: 198.

287. RATHAY, Rap. annuel de l'Ecole de Lechsans-Klosterneuburg, 1874. Cité PAPPENHEIM, *Lehrbuch der Müllerei*, p. 151.

d'un côté des grains de froment entiers portant leur enveloppe en apparence intacte, d'un autre, des fragments d'enveloppe détachés des gruaux, et eux aussi, en apparence inaltérés ». A l'examen microscopique « il a trouvé les diverses membranes de l'enveloppe identiques, quant à leur constitution histologique, à ce qu'elles sont lorsqu'on les examine sur le grain lui-même » 285.

A. GIRARD et LINDET rapportant cette expérience estiment qu'elle « serait complète à coup sûr, et les conclusions fort justes que RATHAY en tire, quant à la non-digestibilité de l'enveloppe du grain de froment, seraient inattaquables s'il avait opéré sur une quantité connue de matière et soumis le résidu de la digestion à l'analyse chimique. L'absence de ces données numériques ne permet pas de considérer l'expérience faite par RATHAY sur lui-même comme décisive... »

Pour nous, une analyse chimique avant et après digestion eut-elle été fournie que nous ne pourrions, contrairement à ce que pensent A. GIRARD et LINDET, après une semblable expérience, conclure à la non-digestibilité du son. Tout ce que dans ce cas on aurait été en droit d'assurer, c'est que le *grain entier* possède une enveloppe qui, si elle est intacte, protège l'amande de l'action des sucs digestifs de l'homme et que les fragments de l'enveloppe (bande hyaline et assise protéique comprises) sont constituées de cellules aux parois suffisamment résistantes pour assurer au contenu cellulaire la même protection, alors que les cellules de l'amande ont une paroi assez faible pour se laisser solubiliser par ces sucs digestifs. Vouloir donner à cette expérience de RATHAY d'autres conclusions, reviendrait à affirmer la non-digestibilité des amandes de noisettes, après les avoir ingérées sans altérer l'intégrité de leur coque ligneuse.

Aimé GIRARD, en 1883, se prenant pour sujet, après une période de deux jours d'une alimentation ne laissant après digestion aucun résidu susceptible d'être retenu sur un fin tamis, « a ingéré, sans les soumettre à la mastication, une quantité d'enveloppes desséchées égale à 5,673 gr. et formant un volume de 75 ^{cm}3 environ. A ces enveloppes il avait, avant de les faire intervenir à l'expérience, fait subir un lessivage à l'eau tiède, de manière

à les débarrasser des matières solubles qu'elles contenaient... qui se seraient évidemment solubilisées dans l'appareil digestif » ²⁸⁵.

Cinq jours après, le tamisage des fécès (l'alimentation spéciale avait été continuée) ne contenant plus de particules de son, l'expérience prend fin; les enveloppes recueillies au cours des cinq jours, minutieusement lavées, sont examinées une à une (il y en a 800 environ): « Un grand nombre d'entre elles portées sous le microscope, n'ont laissé apercevoir, dans la constitution et la proportion des diverses membranes, aucune modification appréciable ». Séchées à 100°, leur poids s'élève à 5,191 gr., accusant une perte de 0,482 gr., soit donc une perte de 6,77 % du poids de l'enveloppe considérée en son état normal d'hydratation ».

A. GIRARD en concluait: « La quantité de matières azotées solubilisée par l'acte de la digestion, ne saurait donc être éloignée de 0,73 % ...du poids de l'enveloppe entière prise en son état naturel. Mais il faut s'empresse de le remarquer, il en est autrement des matières minérales... qui sont au contraire, et pour les trois quarts solubilisées sous l'influence des sucs digestifs. C'est un résultat remarquable que celui de la dissolution par les agents digestifs, des trois quarts des matières minérales et surtout des matières phosphatées que l'enveloppe contient naturellement » ²⁸⁵.

Mais, tout pris en considération, voici les conclusions qui lui font condamner le son: « Si après avoir établi, comme il vient d'être fait, quelles sont les proportions relatives de matières azotées et de matières minérales que l'enveloppe peut, dans sa traversée de l'appareil digestif, abandonner à nos organes, on porte d'abord son attention sur les matières azotées, et si l'on remarque combien la quantité en est faible; si, en outre, on réfléchit à ceci: que la plus grande partie de ces matières azotées est constituée par des produits solubles dans l'eau, qui probablement n'ont qu'une bien faible valeur nutritive [!]; si l'on se souvient surtout que, parmi ces produits, figure la céréaline, c'est-à-dire le ferment découvert par MÈGE-MOURIÈS, qui saccharifie l'amidon, graisse la pâte et brunit le gluten, en donnant

naissance au pain bis; si l'on ajoute encore qu'au nombre de ces produits solubles figure très certainement l'agent qui, doué de propriétés laxatives, a si souvent fait échouer les tentatives d'emploi à l'alimentation générale du pain de farine entière (entière flour, pain complet, pain intégral, pain naturel) qui, au contraire, fait souvent, en Angleterre surtout, et pour certains états pathologiques, rechercher le pain de cette sorte; si ensuite, donnant aux matières minérales digestibles que l'enveloppe contient, toute l'attention qu'elles méritent, on réfléchit cependant qu'un gain de 4 gr. de matières minérales par kilogramme ne saurait, en présence de la variété presque générale de l'alimentation moderne, avoir une importance sérieuse; si l'on considère, en outre, que ce gain ne saurait, en aucun cas, compenser les inconvénients qui accompagnent d'une manière nécessaire, l'intervention de l'enveloppe à la fabrication du pain; si l'on groupe, en un mot, toutes les considérations que l'analyse et l'expérience fournissent, aucun doute ne saurait subsister sur l'inutilité de l'emploi à l'alimentation humaine de l'enveloppe dont le grain de froment est entouré » ²⁸⁸.

Ces conclusions étaient d'autant plus importantes à connaître que c'est sur elles que s'est basée l'erreur moderne du pain blanc. Nous avons déjà vu certains arguments qui vont à l'encontre de quelques-unes de ces conclusions; remarquons de plus qu'A. GIRARD, s'étant placé sur le terrain de la digestibilité du son, devait s'en tenir aux seules données de son expérience pour en juger, et que, s'il a dû faire appel à des considérations étrangères au point particulier qu'il s'attachait présentement à résoudre, telles que la présence de céréaline, la variété des menus modernes, c'était en raison de l'insuffisance des arguments que lui procurait son expérimentation sur cette assimilation du son.

Nous allons exposer maintenant les recherches d'auteurs plus modernes qui, portant sur l'assimilation des farines à taux d'extraction élevé, ont amené à réviser le jugement d'A. GIRARD.

288. A. GIRARD et LINDET 6, p. 55.

En 1917, au milieu des difficultés du ravitaillement causées par la guerre, le professeur LAPICQUE entreprit de préciser le rendement alimentaire du blé suivant le taux de blutage.

« Une doctrine complètement erronée régnait alors en France; on disait que, pour utiliser économiquement le blé, il fallait n'en tirer que de la farine blanche » ²⁸⁹. Aussi lorsque « le gouvernement imposa aux meniers l'obligation d'extraire du blé à 85 % de farine, l'Association française de la Meunerie protesta, et sous la signature de son secrétaire général, étayé de l'autorité d'un technicien officiel, affirma qu'une telle mesure constituait un gaspillage » ². « Il fut facile de démontrer à la base de cette doctrine une erreur élémentaire de calcul; si la farine à très haute extraction contenant une proportion appréciable de l'enveloppe du grain, contient par suite une proportion moindre de substances digestibles et alibiles, la quantité de farine obtenue est plus grande; c'est le produit de ces deux chiffres, évidemment, qui représente le rendement alimentaire du blé; ce produit calculé sur toutes les expériences connues jusqu'alors va toujours en croissant avec le taux d'extraction » ²⁸⁹.

D'ailleurs, dès 1883, RUBNER que l'on oubliait trop facilement avait montré expérimentalement que ce rendement alimentaire du blé augmente toujours avec l'extraction jusqu'à 100 %, et les expériences américaines de WOODS et MERRILL (1900) et de SNYDER (1900-1905) que l'on invoquaient n'allaient pas à l'encontre de ce résultat. C'est ce que nous verrons dans le tableau 88.

LAPICQUE institua ensuite des expériences systématiques en vue de fixer la valeur alimentaire de farines extraites à des taux définis. Il fut amené de la sorte à réviser cette notion, devenue classique depuis les analyses et l'expérience d'A. GIRARD à savoir que dans le grain il n'y a que 85 % de digestible contre 15 % d'enveloppes inassimilables. Mais empruntons à l'auteur même le résumé historique de ses travaux ² :

289. LAPICQUE L. et M., Valeur alimentaire de farines de blé à différentes extractions. Expériences sur la souris, *Ann. de Physiol.*, 1926, 2 : 542-563.

« D'abord sur l'homme, avec CHAUSSIN ²⁹⁰, nous avons trouvé que, pour l'entretien en régime mixte, le pain fournissant 40/100 de l'énergie totale de la ration, il n'apparaissait aucune différence appréciable entre la farine blanche et la farine bise au taux de 85 % . »

« Nous fûmes surpris de ce résultat, car une donnée classique incontestée indiquait dans le blé (bon blé moyen comme le nôtre) 85 parties digestibles contre 15 parties d'enveloppes indigestibles. Or, il est certain que les meilleurs moulins ne peuvent pas séparer exactement l'enveloppe de l'amande; l'extraction à 85 laisse dans la farine quelques débris d'enveloppe, qui y sont facilement reconnaissables, et en tout cas laisse dans les 15/100 de refus, *sons* et *recoupes*, une quantité notable de farine blanche. Nous instituâmes, M. CHAUSSIN ²⁹¹ et moi, une nouvelle série d'expériences sur le chien, nous adressant volontairement à un carnassier (on sait que les herbivores digèrent la cellulose, ce qui change toute la question). L'essai sur le chien était à ce point de vue plus sévère que sur l'homme, omnivore, et la valeur alimentaire qu'on y trouverait devrait être à *fortiori* applicable à l'homme. »

« Dans ces conditions, un régime presque exclusif de blé broyé et non bluté, additionné seulement d'un peu de graisse et de caséine, comparé à la farine blanche dans les mêmes conditions, nous montra que 100 parties de blé équivalent à 90 parties de farine blanche. »

« La différence avec la donnée classique est de première importance. Il fallait la discuter. Elle remonte à A. GIRARD et repose sur des séparations mécaniques, fort délicates, mais peu significatives, et sur des expériences physiologiques, en très petit nombre, faites sur lui-même. Examinant celles-ci sur les protocoles mêmes d' Aimé GIRARD, je trouvais que, bien interprétées, elles concordaient presque exactement avec notre résultat. »

290. LAPICQUE L. et CHAUSSIN J., Valeur alimentaire du blé total et de la farine à 85 comparée à la farine blanche, *C. R. Ac. Sc.*, 18 février 1918.

291. LAPICQUE L. et CHAUSSIN J., Valeur alimentaire du son pour les carnivores, *C. R. Soc. Biol.*, 13 avril 1918

« D'autre part, à ma demande, un chimiste de mon laboratoire, M. DEVILLIERS, mit au point un procédé de digestion artificielle du blé par la pancréatine; il trouva 12 % d'indigestible dans le blé total, et 2 % dans la farine blanche, ce qui concorde exactement avec notre résultat sur le chien. »

« D'ailleurs, la récolte des résidus d'enveloppes de blé non digérées après passage par l'intestin du chien, dans des expériences où l'animal était nourri principalement de son pour rendre les dosages plus significatifs, montra une concordance aussi exacte que possible avec l'indigestible dosé *in vitro* sur les mêmes sons, à condition de négliger d'un côté comme de l'autre les 2/100 indigestibles de la farine blanche, résidu impossible, en raison de sa finesse, à recueillir dans les fécès. »

« Dès lors, une valeur alimentaire très peu abaissée par rapport à la farine blanche est concevable lors d'une extraction à 85 %, sans qu'il soit nécessaire de supposer une séparation parfaite. »

D'ailleurs voici ce qu'écrivait DEVILLERS²⁹² lui-même : « L'action des alcalis et des acides habituellement employés laisse un résidu cellulosique sans rapport pondéral constant avec le résidu rejeté par l'animal nourri du même blé. Mais d'autre part, l'expérimentation physiologique est lente et par suite impraticable s'il s'agit d'examiner de nombreux produits, il fallait donc trouver une méthode plus rapide qu'elle, mais plus fidèle que l'analyse chimique. » Ayant exposé la technique assez délicate qu'il a mis au point, il fournit le tableau 64 du résidu non digestible par la pancréatine rapporté à 100 parties du produit desséché à 105-110° C.

CHAUSSIN²⁹³ ayant fait digérer du son au chien trouve une proportion d'indigestible de 47,50 % de son sec (même son qui digéré par la pancréatine est analysé dans le tableau 59).

292. DEVILLERS L., Détermination du résidu indigestible *in vitro* par la pancréatine agissant sur le blé, ou ses produits de meunerie ou de boulangerie, *C. R. Ac. Sc.*, 29 avril 1918, **166**: 700-702.

293. Conclusions relatives à la question du blé des séances de la Comm. d'aliment. de la Soc. de Biol., *C. R. Soc. Biol.*, 27 juil 1918, **81**: Cité LIACRE 310, p. 27.

Tableau 64

Désignation	Résidu %
Blé d'Australie	8,26
— Plata	9,09
— indigène	10,76
— Manitoba	11,48
— indigène	12,86
Son (recoupettes)	35,22
Farine; type ravitaillement, mai 1917 (blé)	4,87
— A; avril 1918, Paris, (blé et succédanés) ..	8,17
— B; — Vincennes, — ..	7,53
Pain venant de farine A ci-dessus	8,24
— — — B —	7,53

Reprenant ces recherches, en 1923, MONCEAUX²⁹⁴ obtiendra par la même technique comme « proportion d'indigestible dans le son actuel » les valeurs suivantes rapportées à 100 gr. de son :

Moyenne de 4 dosages: 45,96 soit 51,49 % de son sec

Moyenne de 4 autres : 46,04 soit 51,58 % —

RUBNER²⁹⁵ n'avait-il pas, en 1883, trouvé qu'en alimentant l'homme avec un pain noir grossier, environ 56 % du son disparaissaient ?

Ainsi LAPICQUE et ses collaborateurs trouvent pour le blé un taux d'indigestible de 10 %. Mais il y a lieu de prêter grande attention à leurs conditions d'expérience. Le blé est soumis à l'analyse sous forme de farine ou administré à l'animal sous forme de bouillie ou de pâtée. Or nous verrons que LIACRE a montré que dans ces conditions, les lésions pouvant exister au niveau des parois celluloses des cellules à aleurone ne sont pas suffisamment accusées pour permettre l'utilisation de leur contenu. On doit donc considérer que l'assise protéique, protégée par sa paroi cellulosique entre en compte dans ces 10 %.

294. MONCEAUX R., Proportion d'indigestible dans le son actuel, *C. R. Soc. Biol.*, 7 juil. 1923, **89**: 403. MONCEAUX R., Recherche sur la proportion de substances digestibles de quelques céréales et légumineuses alimentaires, Thèse Doct. Sciences, Paris, 1924.

295. RUBNER MAX, *Ztschr. fur Biol.* 1883, **19**: 67. Cité COWGILL et ANDERSON 305, p. 1872.

En effet LAPICQUE et NATAN-LARRIER²⁹⁶ ayant étudié l'utilisation du son commercial par le coq, ont « constaté au microscope que la couche merveilleuse du blé contenant des grains d'aleurone n'était pas digérée. » Il faut donc en conclure que la proportion de 10 % est liée à l'état d'intégrité des parois de l'assise protéique; mais que ces parois soient lésées, que le contenu de ces cellules soit mis à même de pouvoir intervenir dans l'assimilation, et ce taux d'indigestible sera diminué d'autant.

Quel serait alors le taux *véritable* d'indigestible du blé ? Il est difficile de le déterminer; mais il est vraisemblable qu'il ne doit pas être élevé et qu'il est bien inférieur à 10 %. N'oublions pas en effet que la bande hyaline et l'assise protéique formeraient 8,8 % du grain.

Nous citerons encore les recherches faites par Mme LAPICQUE, en collaboration avec son mari, en vue de déterminer de manière précise la valeur alimentaire de farines à divers taux. Ils choisirent pour sujets des souris: « En raison de la petite taille de l'animal et suivant les lois que j'avais étudiées antérieurement », écrit LAPICQUE², « des résultats significatifs du bon entretien peuvent être obtenus en un temps relativement court: les mutations de matière chez la souris, rapportées à l'unité de poids corporel, atteignent en une semaine la même grandeur que chez le chien en deux mois et que chez l'homme en cent jours. »

« D'autre part, on avait prétendu que le son (il faudrait dire la partie indigestible du son) impose un travail supplémentaire qui vient en déduction de la valeur d'entretien des aliments ingérés. La quantité relativement énorme de nourriture que la souris doit assimiler chaque jour, quinze fois plus que l'homme à poids égal, devait exagérer l'influence néfaste de ce travail. »

« Les recherches, effectuées avec Mme LAPICQUE, durèrent plusieurs mois, et portèrent sur un grand nombre d'animaux; ceux-ci recevaient exclusivement la farine en cause; ils étaient

296. LAPICQUE M. et NATAN-LARRIER M.. Valeur nutritive, pour la volaille, du son au taux de blutage actuel, *C. R. Soc. Biol.*, 7 juil. 1923, 89 ; 400-402,

pesés tous les jours ainsi que les restes de nourriture laissés s'il y en avait, pour obtenir la nourriture réellement consommée. »

« La farine blanche, comme on pouvait s'y attendre, en régime exclusif, se montra incapable d'entretenir la vie; dès la deuxième semaine apparaissaient des troubles digestifs et nerveux, et l'amaigrissement. Nous n'avons donc pu la prendre pour base. Nous avons pris comme unité une farine légèrement bise, correspondant à peu près à une extraction à 80; la farine blanche semblait ne valoir que les 95 centièmes de celle-là; mais il s'agit manifestement de carence, ce qui est autre chose. Une farine correspondant à une extraction à 85 se montra inférieure de 1 centième seulement à la farine à 80; enfin une farine très riche en son, contenant 10 % de plus d'indigestible, soit à peu près ce que donnerait le blé consommé en totalité, donne une valeur alimentaire diminuée exactement dans la proportion de cet indigestible, et pas davantage. »

De plus ces auteurs constatent que la présence dans la ration alimentaire de leurs animaux d'une certaine quantité d'indigestible ne nuit en rien à l'assimilation, bien au contraire. Ce fait en apparence paradoxale, peut se comprendre cependant, même en dehors d'une action propre de la cellulose, soit en invoquant une harmonie constitutionnelle facilitant l'assimilation, soit plutôt en mettant en cause l'intervention des diastases et des vitamines que nous avons vu siéger dans ces parties périphériques du grain.

La nécessité d'ingérer une quantité suffisante d'aliments scoriacés pour assurer à l'intestin un fonctionnement satisfaisant est universellement reconnue. On sait que des réclames tapageuses ont amené le peuple américain, sous prétexte d'un manque de « roughage » dans son régime, à ingérer d'assez nombreuses spécialités à base de son de froment, telles le « Kellogg's Bran », son soigneusement trié que ce médecin préconise contre les multiples méfaits de la constipation. ALVAREZ ²⁹⁷ à l'encontre de cette thèse, a apporté les réponses à un question-

297. ALVAREZ W. C., Opinions of 470 physicians in regard to the advantages and disadvantages of using bran and roughage, *Minnesota Med.*, avril 1931, 14: 296-300.

naire qui a circulé parmi 470 médecins américains et qui, bien qu'une telle méthode puisse être accusée d'être peu scientifique, montre la défaveur dont jouissent de tels produits auprès des praticiens américains.

En France, le professeur Noël FIESSINGER notamment, a consacré toute une série d'études sur le rôle du son en diététique ²⁹⁸, dans la dystonie gastrique ²⁹⁹, dans le traitement de la constipation ³⁰⁰, dans le régime des petits hépatiques ³⁰¹. Dans une étude ³⁰² sur la carence fréquente en cellulose de l'alimentation moderne, il s'exprime ainsi: « La cellulose est un stimulateur hépatique et par son action laxative, un excellent antiseptique indirect de l'intestin... Chez l'homme, il existe manifestement une carence en cellulose. On l'observe d'autant plus souvent que la restriction raisonnée de l'alimentation est de plus en plus répandue. Il en faut une dose suffisante: 20 à 50 gr. »

JORDAN, PATTEN et HART ³⁰³ ont administré à des vaches du son traité par un acide dilué pour en enlever la phytine, et ayant constaté qu'il se produit une constipation que guérit seul le retour au son naturel, ils en conclurent que l'action laxative du son est due principalement à la phytine qu'il renferme. Des essais réalisés en administrant à d'autres animaux des sels de phytine les amenèrent à confirmer ce point de vue.

Cependant WILLIAMS ³⁰⁴, sur le chien, ne trouve aucune différence entre l'action du son entier et celle d'un extrait de son contenant la phytine. COWGILL et ANDERSON ³⁰⁵ expérimentent à leur tour, sur l'homme, l'effet du son de blé naturel et du même son après traitement par HCl à 0,2 %, pendant 30 heures à température du laboratoire, traitement qui enlève au son toute

298. FIESSINGER Noël, Le son en diététique, *J. Prat.*, 25 fév. 1930.

299. FIESSINGER Noël, La dystonie gastrique, *J. Prat.*, 30 janv. 1926.

300. FIESSINGER Noël, Traitement de la constipation par le son, *J. Prat.*, 26 mars 1930.

301. FIESSINGER Noël, La cellulose dans le régime des petits hépatiques, *J. Prat.*, 14 déc. 1912.

302. FIESSINGER Noël, La carence en cellulose, *Presse méd.*, 27 juil. 1932.

303. JORDAN W. H., PATTEN E. B. et HART A. J., *Amer. J. Physiol.*, 1906, 16; 268

304. WILLIAMS G. A., *Amer. J. Physiol.*, 1927, 83; 1,

phytine et autres éléments solubles (« son lavé »). Ils ne trouvent aucune différence entre les valeurs laxatives de ces deux produits et concluent: « La valeur lavative du son est due essentiellement à la présence de cellulose, sans intervention de la phytine ou d'autres constituants du son extractibles par ce traitement à l'acide faible... La valeur laxative de produits à base de son peut être évaluée directement en fonction de leur teneur en cellulose. »

Cette action propre de la fibre cellulosique trouve également un défenseur dans FRIESSINGER qui estime que « le mode d'action des celluloses peut être discuté, il semble logique de penser qu'en charpentant le bol alimentaire, les celluloses favorisent la pénétration des ferments digestifs d'où une assimilation plus facile; qu'en augmentant le volume du bol fécal, elles favorisent l'efficacité des contractions intestinales » ³⁰².

D'ailleurs une certaine quantité de cette cellulose ne serait-elle pas solubilisée dans le tube digestif des carnivores ? COWGILL et ANDERSON ³⁰⁵ ont essayé de déterminer la proportion dans laquelle disparaît la cellulose du son de froment ingérée par

Tableau 65

Quantité de cellulose ingérée qui disparaît (Taux %)

Individus :	PERIODES :			
	1 Régime de base, seul	2 Le même plus son entier	3 Régime de base, seul	4 Le même plus son lavé
W. E. A...	69	57	65	45
W. E. A...	60	44	58	52
M. L. P. ..	36	48	76	56
M. L. P. ..	73	42	62	49
S. A. P. ..	73	56	73	56
A. B.	24	34	42	39
R. L. R. ..	80	30	83	53
R. H. W. .	61	37	57	55
Moyennes.	60 %	44 %	65 %	51 %

305. COWGILL G. R. et ANDERSON W. E., Laxative effects of wheat and « washed bran » in healthy men. A comparative study., *Jour. Amer. Med. Assoc.*, 28 mai 1932, 98: 1866-1875.

l'homme. Leurs résultats sont réunis dans le tableau 65. On le voit « des quantités appréciables de cellulose ingérée disparaissent au cours de la traversée du tube digestif humain ». Ils ont également considéré ces mêmes données en comparant différentes périodes entre elles. De ce nouvel examen de leurs chiffres, ils concluent encore que « il est évident que la quantité de cellulose du son entier et du son lavé traversant le tube digestif sans être modifiée est supérieure à celle des autres aliments entrant dans le régime de base » et constatent que leurs résultats sont inférieurs à ceux de RUBNER; ils pensent que cette différence provient de la quantité moindre de son qu'ils administrent et peut-être aussi du mode de mouture ayant fourni ce son.

En Chine ADOLPH et WU ³⁰⁶ ont conduit des expériences sur le rat et sur l'homme en vue de déterminer l'influence d'une alimentation scoriacée sur la digestibilité des protéines. Du papier filtre, du kaolin et de la balle de riz sont administrés aux rats, ajoutés à divers taux à une ration de base de riz cuit. Les résultats leur montrent que, ni en faisant varier la quantité totale des aliments, ni en ajoutant de grandes quantités de ces aliments encombrants, ils ne produisent une modification du degré de digestibilité des protides de la ration. Le kaolin fut administré jusqu'au taux de 80 % de la ration. Ils montrent ainsi que la présence d'une grande quantité d'indigestible dans le tube digestif ne contrarie pas l'action des diastases protéolytiques. L'agar-agar provoque une rapide traversée du tube digestif et entraîne des valeurs nettement abaissées pour la digestibilité des protéines. Une expérience sur deux hommes, recevant de la cellulose de choux en plus d'une ration de riz et de viande, ne montre une légère tendance vers une moindre digestibilité des protéines que lorsque la cellulose est ingérée en quantités anormalement considérables. Ils pensent que l'abaissement du taux de digestibilité des protides d'un régime donné n'a lieu que lorsque les produits alimentaires traversent le tube digestif à une vitesse inhabituelle.

306. ADOLPH W. H. et WU M. Y., The influence of roughage on protein digestibility, *J. Nut.*, avril 1934, 7; 381-393

FUNNELL, VAHLTEICH, MORRIS, Mc LEOD et ROSE³⁰⁷ ont récemment étudié de quelle manière le son ou sa cellulose intervenait sur l'assimilation des protides de la ration. Deux femmes, en régime mixte, reçoivent un supplément quotidien de 45 à 54 gr. respectivement de son « steamed and toasted », et les résultats sont comparés avec ceux obtenus avec une quantité correspondante de cellulose de son pure, additionnée ou non de vitamine B, au taux où cette vitamine se trouve dans le son. Chaque période expérimentale de neuf jours est précédée d'une autre de trois jours durant laquelle il est administré le même régime mais sans que soient pratiqués de prélèvements. La quantité de protides ingérée est de 0,5 gr. par kg. corporel. Durant les périodes au son, celui-ci fournit respectivement 22 et 19 % de la ration.

En régime additionné de son, 27 % et 22 % de l'azote ingéré sont éliminés dans les fèces et lors des deux périodes au régime additionné de cellulose, les pertes moyennes sont respectivement de 20 et 17 %, alors qu'en régime normal, sans son ni cellulose, la perte d'azote s'élève à 16 %. En conséquence, les coefficients de digestibilité des protides du son sont estimés à 45 et 59 % pour chacun des deux sujets. L'addition de cellulose pure réduit le coefficient de digestibilité de la ration d'environ 3 % seulement, alors que celle de son le réduit de 11 %. L'adjonction de vitamine B (76 Sherman unités dans un cas, 90 dans l'autre) n'a aucune influence apparente sur la vitesse d'évacuation.

La digestibilité du son et son assimilation partielle dépendent d'ailleurs en grande partie de la forme sous laquelle il est présenté à l'action des sucs digestifs. Citons ici un intéressant éditorial du *Lancet*³⁰⁸ qui nous fait connaître les travaux de FINKLER : « Préparé convenablement, le son se montre digestible dans une forte proportion, spécialement sous forme de farine fine, comme la réalise FINKLER à Bonn. FINKLER moule le son humide additionné de 1 % de sel avec une petite lime, dans le

307. FUNNELL E. H., VAHLTEICH E. M., MORRIS S. O., Mc LEOD G. et ROSE M. S., Protein Utilisation as Affected by the Presence of Small Amounts of Bran or its Fiber, *J. Nut.*, jan. 1936, **11**: 37-45.

308. The growing reputation of bread, *Lancet*, 9 mars 1918 ; 379.

but de déchirer les enveloppes. Après séchage et nouveau broyage cette fine farine de son donne comme analyse moyenne: 15,7 % d'azote digestible, 50 % d'amidon, 5 % de graisses et 9 à 10 % de cendres, cependant que la substance sèche contient plus de 4 % d'acide phosphorique, dont les deux tiers sous forme de nucléo-albumines. »

« Des tests d'absorption ont montré que 97,8 % des protéines contenues dans une telle farine de son sont digérés, et l'addition de 10 et même de 25 % de cette farine à la farine blanche ordinaire aboutit rarement à une augmentation apparente de l'azote non assimilé dans les excréta. »

Quoiqu'il en soit, retenons de toutes ces observations, dont certains calculs ne peuvent être qu'approximatifs, ainsi que leurs auteurs le reconnaissent eux-mêmes, les faits suivants :

1° — Il est nécessaire qu'existe dans la ration alimentaire de l'homme un minimum de substances scoriacées pour obtenir une exonération satisfaisante de l'intestin.

2° — Le son peut heureusement remplir cette fonction, cet apport cellulosique n'entraînant aucun effet fâcheux, lorsque la quantité ingérée ne dépasse pas une certaine dose.

3° — Il semble que l'action laxative faible du son tienne à sa richesse en fibres cellulosiques.

4° — Réduit à l'état finement pulvérulent, le son ne paraît plus alors accélérer le transit intestinal et l'assimilation de ses principes (azotés, minéraux, gras, etc...) est alors possible, dans une proportion très élevée.

5° — La cellulose même du son paraît être partiellement attaquée par les sucs de l'appareil digestif de l'homme.

Ainsi le son ne serait sans doute pas précisément ce qu'en disait PARMENTIER: « Plusieurs médecins ont déjà prouvé que le son ne se digérait pas, qu'il fatiguait extrêmement l'estomac et qu'on le rendait tel qu'on le prenait »³⁰⁹. Ce jugement eut-il été juste à propos du son vrai, réalité botanique que la meunerie

309. Cité par FLEURENT 7, p. 56.

est incapable de produire à l'état pur — ce que des travaux modernes semblent battre en brèche — qu'il est, en tous cas, inapplicable au son tel que le fournit le moulin.

Il y a lieu ici de remarquer que presque tous les raisonnements des détracteurs des taux d'extraction élevés, sont entachés de la même faute, comme y a insisté LIACRE³¹⁰. « Tantôt, quand il s'agit d'affirmer que le son est dénué de toute propriété nutritive, on tient pour démontré que le son n'est que de la cellulose et on prend pour prémisses ce qu'il faudrait démontrer; tantôt devant des faits qui prouvent, même dans des conditions d'expériences où nous reconnaissons nous-mêmes que l'enveloppe peut difficilement céder les matières assimilables qu'elle contient, que quelque chose disparaît de l'enveloppe au cours de la traversée du tube digestif, on dit que le son est « l'enveloppe retenant attachée à sa face interne la moitié au moins de son poids d'amande farineuse » [A. GIRARD]. Nous ajoutons, et on l'a vu, que c'est quelque chose d'infiniment plus riche encore. »

ETUDE DE L'ASSISE PROTEIQUE

En effet LIACRE³¹⁰, travaillant au laboratoire de LAPICQUE et s'attachant à l'étude des cellules à aleurone de l'assise protéique est arrivé à des conclusions de la plus haute importance pour notre sujet d'étude. Il est remarquable que tous les adversaires des extractions à taux élevé oublient systématiquement les résultats de ses « observations poursuivies pendant près d'un an sur des centaines de préparations microscopiques »; aussi les relaterons-nous ici en détails.

Une première série d'expériences porte sur le grain de blé entier. Des grains sont, soit donnés tels quels à des souris, soit grossièrement broyés et transformés directement (Procédé Frugès) en pains qui sont administrés à un chien, soit encore mis à digérer dans la pancréatine (suivant la méthode de DEVILLERS déjà exposée). Dans ces trois cas, malgré la fine

310. LIACRE Albert, *La digestion des cellules à aleurone du blé (Pain blanc et pain bis)*, Thèse Doct. Méd., Paris, 1919, n° 81, 84 pages,

mastication de la souris, malgré la trituration mécanique et la fabrication (*spéciale*) du pain, malgré l'écrasement après macération dans la digestion artificielle, la grande majorité des cellules à aleurone est intacte; seules celles situées en bordure des fragments pelliculaires de son vidées de leur contenu.

Une seconde série d'expériences porte sur trois farines de meunerie du temps de guerre, au taux d'extraction de 85 %, comportant la remouture des sons et mises dans le commerce pour la boulangerie ³¹¹, et sur deux farines obtenues par mouture au laboratoire. Ces farines sont d'abord examinées minutieusement au microscope.

Sauf une farine A, obtenue au laboratoire après un seul broyage du blé au moulin à café, sans convertissage, les quatre autres farines révèlent le même aspect des pellicules de son.

Les sons de la farine B (de laboratoire), obtenue après « plusieurs broyages et convertissages, mais cependant beaucoup moins nombreux que dans la meunerie et avec des appareils qui donnent une mouture beaucoup moins fine » montre des « cellules à aleurone plus altérées que dans les farines A, mais beaucoup moins que dans les farines de meunerie ». Voici leur aspect caractéristique :

« Sur le même placard de cellules, on trouve, le plus souvent adhérentes au péricarpe, à côté d'un groupe de cellules à aleurone intactes, pleines, sans altérations apparentes, du moins à un premier examen, un autre groupe de cellules à moitié vides de leur contenu. On distingue très nettement des paquets de grains d'aleurone disséminés dans le champ cellulaire et séparés les uns des autres par des plages colorées en vert par le vert d'iode et qui ne sont que des zones du péricarpe devenues visibles par suite de l'éclaircissement du champ des cellules à aleurone sous-jacentes. D'autres fois, lorsque le placard des cellules à aleurone est détaché en bloc du péricarpe, on voit le fond lumineux du champ microscopique vide... Les groupes juxtaposés des unes et

311. Le type de ces farines de meunerie auxquelles se rapportent les expériences répondaient à la formule suivante : farine 782,600 kg., recoupettes fines 62,750 kg., recoupettes 4,650 kg.; soit 850 kg de farine extraits de 1000 kg. de blé (LIACRE 310, p. 29).

des autres forment une sorte de damier tout à fait caractéristique de la farine B. Les farines de meunerie ont un aspect analogue avec cependant un plus grand nombre encore de cellules altérées. »

De plus les farines B et les farines de meunerie présentent des altérations non moins importantes au niveau des membranes des cellules à aleurone et qui sont de deux types: soit un arrachement d'un des côtés de la membrane soit des fêlures comparables aux fractures en bec de flûte, en bois vert, etc...

« Ces altérations de la membrane sont extrêmement fréquentes. On les trouve sur environ 9/10^e des cellules, par conséquent au niveau des groupes de cellules restés adhérents au péricarpe aussi bien qu'au niveau des groupes cellulaires détachés du péricarpe... »

Et fort justement LIACRE conclut: « Nous croyons avoir montré assez nettement que l'aspect des cellules à aleurone dépend avant tout des actions mécaniques auxquelles elles ont été soumises ». Le pétrissage augmente d'ailleurs considérablement ces altérations, comme nous le verrons bientôt.

Administrées, sans préparation, à des souris, ces farines montrent que « la digestion de l'aleurone ne se fait que lorsque la solution de continuité des membranes est assez large pour permettre l'action immédiate des sucs digestifs ». Amenées à l'état de pâtons soumis à la fermentation (levure de boulangerie) à 37°, ou cuits à 100°, mais dans les deux cas sans pétrissage, les pellicules de son présentent, une fois excrétées, le même aspect qu'après digestion des farines non préparées.

Une troisième série d'expériences a porté sur des pains faits à l'aide de ces farines. Bien qu'abordant là une matière que nous réservons pour un prochain chapitre, il nous est nécessaire de relater ici ces expériences, dont les conclusions sont capitales.

Dans le pain « les diverses couches de l'enveloppe sont très nettement différenciées... L'aspect des cellules à aleurone varie avec la variété de pain examiné... Sur des coupes de pain de son, fait avec du son de farine A, les cellules à aleurone se montrent intactes très souvent ».

Au contraire « sur des coupes de pain de farine de meunerie de guerre, utilisée couramment en boulangerie, les cellules à aleurone sont très altérées, presque toujours ». Souvent existe sur la pellicule une fracture au niveau de laquelle les différentes assises du péricarpe sont plus ou moins disjointes; « les cellules à aleurone qui bordent la fracture sont très altérées. Elles ont quelquefois presque entièrement disparu... Les autres cellules à aleurone, quoique moins altérées, présentent un aspect tout à fait caractéristique. Les parois intercellulaires sont en général intactes, tandis que la partie de la membrane qui est en contact avec l'amande farineuse est ou bien absente, ou bien détachée du reste de la membrane à la façon d'un clapet. Le protoplasme, quelquefois d'aspect normal, s'échappe souvent par cette porte ouverte comme une coulée, dans la pâte voisine. »

Ayant précédemment constaté que « ni la fermentation ni une température de 100° n'avaient d'influence, du moins apparente au microscope, sur l'état des cellules à aleurone, il reste donc un seul facteur dont l'intervention puisse nous faire comprendre la raison de la différence signalée entre le pain de son de farine A et le pain de farine de meunerie: le pétrissage ». Et LIACRE voit dans les nombreux traits de fracture existant dans le son des farines de meunerie une « altération préexistante qui favorise l'action ultérieure des facteurs d'ordre mécanique, tel que le pétrissage. »

De plus ces pains furent soumis :

a - à la digestion artificielle par la pancréatine; cette digestion est très incomplète ;

b - à la digestion par la souris. Dans l'ensemble les très rares cellules à aleurone que l'on retrouve sont toutes digérées, cependant on en trouve quelques-unes de place en place.

c — à la digestion par l'homme (500 à 600 gr. de pain fait de farine de meunerie de guerre, par 24 heures). Voici les résultats de cette dernière digestion: « Dans tous les examens, il nous a été à peu près impossible de découvrir des cellules à aleurone. Cependant au milieu des débris de toute nature... on trouve de nombreux fragments de péricarpe. Mais si nous avons

trouvé quelques îlots — quatre ou cinq sur une cinquantaine de préparations — de trois ou quatre cellules en apparence intactes et qui n'ont vraisemblablement résisté que grâce à l'intégrité de leurs membranes, l'ensemble des cellules à aleurone a été complètement digéré. »

D'ailleurs, en 1907, JACQUEMAIRE³¹² ne déclarait-il pas déjà que l'assise protéique « s'assimile aussi aisément que les autres parties du grain, en subissant les mêmes opérations de pulvérisation, pétrissage, cuisson, mastication. L'important c'est que les cellules qui la composent soient bien ouvertes par le broyage, pour donner issue aux matières azotées qu'elles contiennent. »

De son étude expérimentale, LIACRE, qui paraît avoir ignoré les résultats des recherches de JACQUEMAIRE (ne l'ayant jamais cité), conclut: « Cette question de la digestibilité des cellules à aleurone est toute entière dominée par celle des altérations d'ordre mécanique siégeant au niveau de la membrane. Ces altérations sont provoquées par la mouture, par le pétrissage de la pâte, à titre accessoire par la mastication. »

CHAUSSIN³¹³, en 1919, étudiant la valeur alimentaire du son pour le chien et pour le lapin, ne constatait-il pas également que « les matières azotées de l'enveloppe du blé sont beaucoup plus attaquées par la digestion du chien, dans le son qui a subi toutes les opérations de meunerie que dans les enveloppes entières provenant du simple écrasement du blé ».

Ainsi l'expérience d'Aimé GIRARD, ingérant des pellicules entières de son n'ayant subi aucune lésion anatomique importante, et soustraites à toute manœuvre de pétrissage et de mastication, ne prouve ni plus ni moins que celle de RATHAY sur le pain de Graham ou « celle d'un sujet qui prétendrait démontrer l'indigestibilité des amandes, des noix ou des noisettes, parce que les ayant avalées sans s'être servi au préalable d'un casse-noix, il les retrouverait intactes dans ses selles »³¹⁴.

312. JACQUEMAIRE L., *Le problème du pain*, 1907, p. 9.

313. CHAUSSIN J., *C. R. Soc. Biol.*, 22 mars 1919. Cité MIGUET 8, p. 86.

314. LIACRE A., Digestibilité de la couche à aleurone du grain de blé, *Presse méd.*, 13 avril 1927. 35: 475.

Le raisonnement suivant que tiennent les adversaires des hautes extractions, dont l'illogisme était déjà évident, voit donc s'effondrer sa base. Ils proclament « Le son, c'est de la cellulose, plus quelque chose que renferme cette cellulose. Mais celle-ci protège son contenu *qui est indigestible*. Donc le son ne nourrit pas. Par conséquent il faut rejeter le son. Or on prend comme démontré, en raisonnant ainsi, ce qui ne l'est pas, à savoir que, quelles que soient les conditions d'expérience et d'application pratique, le contenu du son est indigestible » ³¹⁴.

Maintenant que l'assimilation par l'homme du contenu des cellules à aleurone est non seulement démontrée possible, mais patente et prouvée, il nous faut rappeler ce qu'écrivaient A. GIRARD et LINDET ³¹⁵, parlant de la bande hyaline et de l'assise protéique: « Aux produits de la mouture, celles-ci apporteraient une proportion de matières azotées représentant plus de 2 % du poids du grain; et comme on sait (l'étude des phénomènes de la germination permet particulièrement de le reconnaître) qu'en maintes circonstances ces matières azotées, celles surtout dont les cellules de la membrane interne sont remplies, se montrent capables d'acquérir une solubilité complète, il convient de donner l'attention la plus grande au rôle que ces deux membranes sont susceptibles de remplir au point de vue de l'appropriation des produits de la mouture aux besoins de l'alimentation humaine. »

« Il ne faut pas l'oublier, en effet, la bande hyaline et l'assise protéique réunies représentent en poids les 8,8 centièmes du poids du grain; riches à 4 % d'azote, ces téguments, si l'azote qu'ils contiennent était assimilable, posséderaient au point de vue de l'alimentation plastique, une valeur double de celle des farines les meilleures. »

Et encore ignoraient-ils la magnifique richesse de ces couches en phytine, vitamines, diastases, etc... C'est le moment de rappeler cet avis de BRUÈRE: « Souvenons-nous que le grain de blé, grâce à l'assise protéique et au germe, est porteur d'un puissant arsenal catalytique qui ne demande qu'à entrer en jeu au moment

315. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 45.

de la panification. L'état traumatique causé par les opérations de la mouture est incompatible avec une longue conservation de la farine; par contre il est très favorable à la prédigestion par dédoublement diastasique des principes immédiats à caractères dynamique et spécifique indispensables au maintien de l'équilibre physiologique des individus » ⁷⁵.

Or, s'il est une mouture qui par son action mécanique peut provoquer les brisures désirables du son pour que les cellules à aleurone soient assimilées, c'est la mouture par meules, plutôt que celle par cylindres. En effet la première n'est-elle pas accusée par A. GIRARD, si elle est trop violente, de « donner naissance à une farine bise, provenant du broyage même du son par les rhabillures de la meule et qui contiendrait les cellules détachées de l'assise protéique » ³¹⁶. Alors qu'avec les procédés modernes les cellules de cette assise « sont, pour la plupart, entièrement emportées avec le son, dans la mouture par cylindres » ³¹⁷.

Le professeur MONTI ³¹⁸, pour pouvoir utiliser les éléments nutritifs des cellules à aleurone du son produit par les cylindres et remplacer la dilacération que réalisaient les meules, a inventé un procédé qui atteint le résultat désiré par action diastasique de la farine de son de riz sur l'assise protéique.

UTILITE DES ASSISES SOUS-PERICARPIQUES

Nous avons vu que c'est dans les assises entre péricarpe et albumen et dans le germe que siègent électivement: phytine et autres sels minéraux (de magnésium, de manganèse, de fer, de zinc, de cuivre, etc...), diastases diverses, vitamines, graisses, etc..., tous éléments qui par leur association équilibrée constituent ce que BRUÈRE ⁷⁵ peut à juste titre appeler: *Les trésors*

316. A. GIRARD et LINDET 6, p. 203.

317. BAILEY 60, p. 142.

318. MONTI E., Sulla assimilabilità del pane, *La panificazione*, etc. 1933.

alimentaires du grain de blé. LÉPINE et BILFINGER ³¹⁹, ayant étudié l'action comparée, sur la croissance des cobayes, du blé germé, du blé bouilli et du son ne concluent-ils pas que « l'action eutrophique du blé doit être rapportée aux substances contenues dans le péricarpe des grains » ?

Nous terminerons donc ce chapitre en rapportant des expériences qui montrent la valeur, tant des assises sous-péricarpiques que du germe, soit dans le traitement de l'anémie d'origine alimentaire (présence de fer, de cuivre, et d'éléments inconnus), soit pour l'assimilation des glucides (présence de vitamines B et également de facteurs inconnus), soit encore pour l'amélioration de l'état général et de la croissance.

ROSE et VAHLTEICH ¹²⁰ ont réalisé une étude comparée de la valeur de la farine entière, du son et de la farine blanche pour la régénération de l'hémoglobine chez des rats blancs anémiés par un régime exclusif de lait, étude qui fournit d'intéressantes données résumées dans le tableau 66 que nous leur empruntons.

319. LÉPINE P. et BILFINGER F., Action comparative, sur la croissance des cobayes, du blé germé, du blé bouilli et du son, *C. R. Soc. Biol.*, 26 mai 1934, **116**: 290-293.

Tableau 66

*Augmentations moyennes d'hémoglobine en gr. pour 100 cm³ de sang,
au bout de six semaines.*

	FARINE COMPLETE					FARINE BLANCHE					SON	
	1,5 gr.	3 gr.	6 gr.	Solution des cendres de 6 grs.	3 gr.	6 gr.	3 GR. PLUS			0,9 gr.	1,8 gr.	Solution des cendres de 1,8 gr.
							Cu	Fe	Cu+Fe			
Teneur en Fe.	0,048	0,036	0,192	0,192	0,015	0,030	0,015	0,192	0,192	0,099	0,198	0,198
Teneur en Cu (en mg.) ..	0,011	0,021	0,043	0,043	0,007	0,014	0,043	0,007	0,043			
Hémoglobine gr. pour 100 cm ³ de sang	4,2	6,7	10,8	7,8	1,6	5,3	2,8	5,0	7,4	6,0	9,9	8,2

On voit que « le blé entier... régénère l'hémoglobine proportionnellement à la quantité administrée, le retour au taux normal survenant après six semaines d'une administration de six grammes. » Le son spécialisé montre un accroissement analogue à celui obtenu en donnant des quantités de grain entier ayant la teneur correspondante en fer. Quant à la farine blanche elle permet bien un certain degré de régénération de l'hémoglobine, de meil-

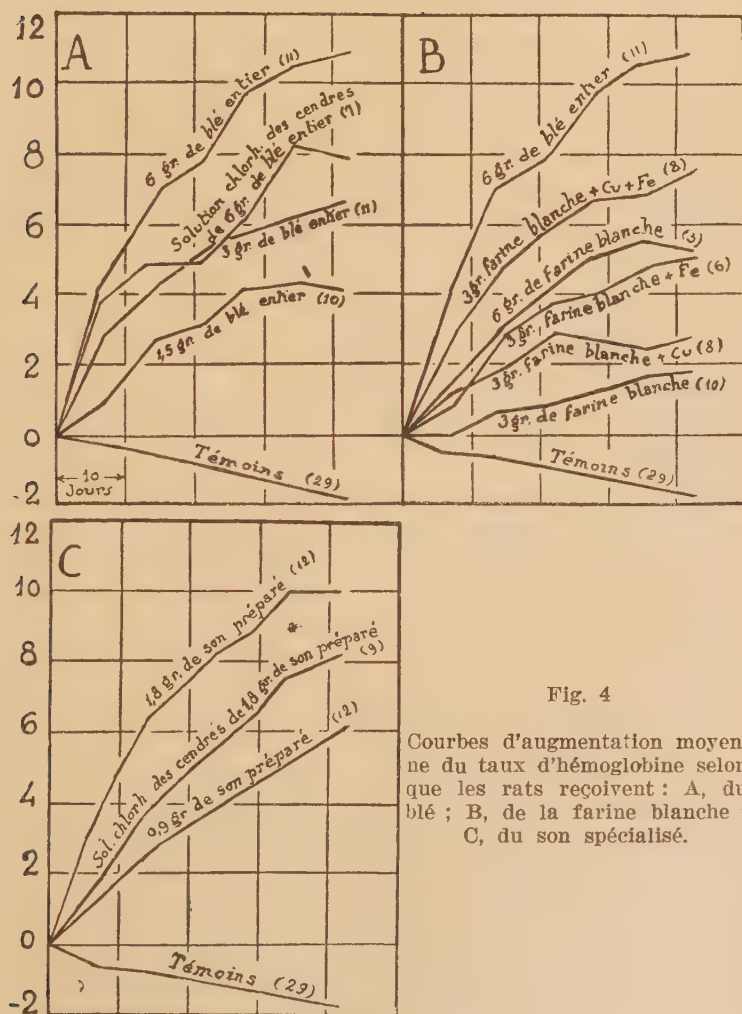


Fig. 4

Courbes d'augmentation moyenne du taux d'hémoglobine selon que les rats reçoivent : A, du blé ; B, de la farine blanche ; C, du son spécialisé.

leurs résultats étant obtenus avec 6 gr. qu'avec 3 gr. « Quand 3 gr. de farine blanche étaient supplémentés avec du cuivre, avec du fer ou avec du cuivre et du fer (solutions de chlorure de fer et sulfate de cuivre) pour équivaloir les quantités trouvées dans 6 gr. de blé entier, la régénération, en aucun cas, n'atteint celle obtenue avec 6 gr. du véritable blé entier, et n'est pas supérieure à celle obtenue avec 3 gr. de blé entier ». Donc, pour eux, des facteurs autres que le cuivre et le fer, capables d'agir dans la régénération de l'hémoglobine, sont sans doute présents dans le grain entier et en quantité moindre dans la farine blanche.

Bien plus, ces auteurs ajoutant quotidiennement au lait de leurs rats, une solution chlorhydrique des cendres provenant de 6 gr. de blé entier, trouvent une augmentation de l'hémoglobine moins élevée qu'avec les 6 gr. de blé entier. De même les cendres de son facilitent moins cette régénération que la quantité correspondante de son lui-même.

Retenons enfin de cette étude que ses auteurs estiment que par la fabrication de la farine blanche on perd 85 % du fer et 66 % du cuivre du grain de froment.

VAHLTEICH, ROSE et MAC LEOD ³²⁰ ont récemment répété ces expériences, dans de plus strictes conditions: 22 rats sont utilisés, ayant au départ des taux d'hémoglobine de 2,2 à 3,6 gr. pour 100 cm³ de sang et 2 rats aux taux respectifs de 4,4 et 4,5 gr. Ils les divisent en 3 lots soigneusement équilibrés, qui reçoivent par jour: *a* - 3 gr. de blé entier; *b* - 2,7 gr. de blé prédigéré (ayant même teneur en fer que *a*) et *c* - 0,1 mg. de fer sous forme de FeCl³ et 0,02 mg. de cuivre sous forme de SO⁴Cu. La régénération en hémoglobine la meilleure fut obtenue avec le blé « dextrinized », ensuite vient le blé naturel moulu fin, enfin la plus médiocre avec les suppléments minéraux. Pour les trois lots, en six semaines, les augmentations moyennes montent respectivement à 9,6 - 7,6 et 7,0 gr. pour 100 cm³ de sang.

320. VAHLTEICH E. M., ROSE M. S. et MAC LEOD G., Effect of Digestibility upon Availability of Iron in Whole Wheat, *J. Nut.*, janv. 1936, 11 ; 31-36.

Ces conclusions, jointes à l'examen des figures que nous extrayons du premier mémoire de ces auteurs, se passent de commentaire.

INFLUENCE DU GERME DE BLE SUR L'ORGANISME HUMAIN

Considérons maintenant le rôle que le germe de blé, par ses vitamines B notamment, peut jouer dans le métabolisme général et d'abord dans la régulation glycémique.

A. — ROLE DANS L'UTILISATION DES GLUCIDES

Dès 1914, FUNK³²¹ montre que l'amidon et les sucres hâtent, beaucoup plus que les protéines et les graisses, l'éclosion des polynévrites chez le pigeon mis à un régime carencé. Les recherches de MOURIQUAND, de Mme RANDOIN, de LECOQ, de SIMONNET ont depuis mis en évidence l'existence d'un rapport quantitatif entre les facteurs B réclamés par l'organisme et la quantité de glucides ingérés; des régimes presque exclusivement constitués de protides et de graisses ne demandent que de très faibles doses de levure de bière pour subvenir à l'entretien, pendant longtemps, de pigeons et de rats, alors que l'introduction d'une certaine quantité de glucides, dans de telles rations, rend ces doses nettement insuffisantes.

Notamment la carence en facteur B₂ d'utilisation nutritive et B₃ ou G d'utilisation cellulaire se traduit par de l'inappétence (quel que soit l'animal), des vomissements, de l'abaissement de la température centrale, de la sensibilité aux affections microbiennes et surtout de l'hyperglycémie (constante chez tous les animaux, sauf le rat); l'épreuve de l'hyperglycémie provoquée, chez de tels animaux carencés, fournit des augmentations considérables du glucose sanguin.

321. FUNK C., Studien über Beriberi. *Zeitsch. Physiol. Chem.*, 1914, 89 ; 374-378.

MILLS ³²² ainsi que LABBE, NEPVEUX et GRINGOIRE ³²³ constatent que l'administration d'une forte dose de vitamines B₂ et B₃ favorise la glycogénèse et augmente la teneur du foie en composés oxydoréducteurs.

De nombreux termes de comparaison existant donc entre l'avitaminose B et le diabète (hyperglycémie, acétonémie, état de dénutrition, sensibilité aux infections, voire polynévrite), l'insuline se montrant même capable d'exercer une action retardatrice sur l'évolution du béri-béri expérimental (CHAHOVITCH ³²⁴), il devenait logique d'essayer l'action des vitamines B sur le diabète glycosurique humain. C'est ce qui a été réalisé par MILLS ³²⁵, par MELCER ³²⁶, qui estime que « le traitement par les vitamines B s'applique à tous les cas de diabète, même aux cas graves traités par l'insuline » et par GRINGOIRE ³²⁷, en France.

Ce dernier utilise pour ses expériences cliniques « une poudre d'origine végétale, quatre fois plus active, à poids égal, que la levure de bière sèche de bonne qualité », sur laquelle il est très

322. MILLS C. A., Effects on carbohydrate metabolism of acid-alcoholic extract of plants rich in vitamin B, *Amer. J. Med. Sc.*, 1928, **175** : 384-386.

323. LABBÉ M., NEPVEUX F. et GRINGOIRE J. D., Influence des vitamines B sur la réserve glycogénique du foie des lapins et sa teneur en glutathion, *C. R. Soc. Biol.*, 1933, **113**: 152.

324. CHAHOVITCH X. Béri-béri expérimental et insuline, *C. R. Soc. Biol.*, 1925, **93**: 652. Action de l'insuline sur le béri-béri expérimental du pigeon, *C. R. Soc. Biol.*, 1925, **93**: 1333.

325. MILLS C. A., Treatment of diabetes with an acid-alcoholic extract of plants rich in vitamin B, *Amer. J. med. Sc.*, 1928, **175** : 376-383.

326. MELCER A. S., Traitement du diabète par la vitamine B. *Polska Gaz. Lek.*, 1932, **5**: 89-91.

327. GRINGOIRE Jean-Daniel, *Les vitamines B. Leur rôle dans le métabolisme hydrocarboné. Leur emploi dans le traitement du diabète*, Thèse Doct. Méd., Paris, Le François, 1933 ; vii + 97 pages.

discret et dont il ne livre que la composition ³²⁸; l'on peut sans grande difficulté rapprocher celle-ci de celle d'une farine spéciale d'embryons de blé.

En l'utilisant dans 12 cas de diabète humain, l'auteur obtient, dans 9 cas « une chute importante de la glycosurie et une augmentation notable de la tolérance hydrocarbonée. Dans un cas nous avons obtenu, sans diminution de la glycosurie, une régulation du métabolisme hydrocarboné se traduisant par la disparition des accidents d'hypoglycémie que présentait le malade. » Dans les 2 autres cas, si les vitamines B n'ont eu aucune action sur l'évolution du diabète la cause doit en être cherchée dans la gravité particulière de ces cas et un temps d'essai restreint.

Aussi GRINGOIRE conclut-il: « On est en droit d'espérer de ce traitement, à la dose de 15 gr. de poudre vitaminée que nous avons employée, une augmentation de la tolérance de 40 à 50 gr., c'est-à-dire à peu près ce qu'on obtient de 32 à 40 unités d'insuline ».

Il est à remarquer que si cette action, moins intense que celle de l'insuline, est plus lente, elle se manifeste, semble-t-il, avec plus de persistance; de plus cette médication a ce précieux avantage de pouvoir être administrée *per os*.

Le germe de blé n'a pas que cette valeur thérapeutique, sa richesse en vitamines B exerce encore dans d'autres cas les plus heureux effets.

328. Composition chimique, pour 100 gr. (GRINGOIRE 327, p. 2) :

Matières azotées	32,35
Matières grasses et lipoïdiques	1,40
Matières amylacées	2,45
Monosaccharides	5,77
Pentosanes	5,88
Extractif non azoté	24,25
Cellulose	2,90
Hexaphosphate d'Inosite (Phytine)	10,40
P ² O ⁵	2,61
MgO	1,49
SO ⁴ Ca, SO ⁵ K ² , K ² O, NaO ² , FeO	10,47

Si le béri-béri classique ne se rencontre, notamment en France, que d'une manière très exceptionnelle, il paraît bien ne pas en être de même des cas frustes d'avitaminose B. SIMONNET³²⁹ se basant sur ce que « dans certaines circonstances, on constate un accroissement notable du besoin de vitamines (c'est le cas de la croissance, de la grossesse, de l'allaitement) », que l'homme est une des espèces les plus sensibles au manque de vitamines et que l'organisme animal ne fait que de minimes réserves de vitamines, estime que « des carences légères peuvent se trouver réalisées dans l'alimentation de l'homme ». C'est encore l'avis de Mme RANDOIN, et THIROUX³³⁰ va plus loin, non sans fondement, puisque pour lui « nos régimes sont toujours carencés, au moins en hiver, et les avitaminoses frustes sont tellement fréquentes qu'on peut estimer que la plupart des affections chroniques et des petites misères qu'on observe dans nos races civilisées peuvent leur être imputées ».

C'est ce que tendent à montrer les recherches des auteurs suivants. FLETCHER et GRAHAM³³¹ administrant des germes de blé du commerce à des malades atteints d'arthrite chronique, chez lesquels le tube digestif était remarquablement atonique, obtiennent des résultats nettement favorables. (On sait en effet que Mc CARRISON³³², en 1921, a montré qu'en cas de trop faible apport de vitamine B, il y a faiblesse du tractus digestif, ce qu'il a prouvé sur le singe en décelant des différences frappantes dans la musculature intestinale).

Mais ce sont les pédiastres qui ont le plus fréquemment l'occasion d'observer des enfants qu'un traitement au germe de blé guérit de troubles par carence en vitamines B.

329. SIMONNET H., Aperçu sur les vitamines et les avitaminoses, *Paris méd.*, 23 mai 1931, **21**: 485-494.

330. THIROUX A., Vitamines et avitaminoses. Revue d'ensemble et considérations sur les avitaminoses frustes au point de vue médical et hygiénique, *Biol. méd.*, 1934, **24**: 1-55 et 113-158.

331. FLETCHER A. A. et GRAHAM D., Large bowel in chronic arthritis, *Amer. J. Med. Sc.*, 1930, **179**: 91-93.

332. Mc CARRISON R., *Studies in deficiency diseases*, Londres, 1921, pp. 113-122.

RIBADEAU-DUMAS, MATHIEU et VILLEMIN³³³, signalent comme fréquemment observés dans les pouponnières des accidents, survenant vers le sixième ou huitième mois notamment, caractérisés par de l'inappétence, de l'agitation, de l'insomnie, un arrêt de la croissance, et qui se manifestent chez des enfants correctement nourris, soit au sein soit au lait de vache, recevant même en plus jus d'orange et huile de foie de morue. Or ils disparaissent par administration de vitamines B.

MATHIEU et LEROY³³⁴ estiment en conséquence que « le lait de beaucoup de femmes de race blanche est assez souvent, de nos jours, très pauvre en vitamine B, d'où beaucoup de petits accidents d'avitaminose B. »

B. — ROLE DANS LA CROISSANCE

Il convient de rappeler qu'en 1919, MIGUET³³⁵ expérimenta sur le chien l'effet de galettes, confectionnées soit de farine à 55 % d'extraction, soit de farine à 80 %, soit de farine complète (100 %), soit encore d'une farine au taux de 80 % additionnée de 5 % de germes de meunerie³³⁶, ce qui équivalait à 1,45 % de germes de blé vrais, soit à peu près la teneur en germes d'une farine complète, mais privée du péricarpe. Ses résultats sont condensés dans le tableau 67.

333. RIBADEAU-DUMAS, MATHIEU R. et WILLEMIN, L'arrêt de croissance des nourrissons du 6^e au 8^e mois, syndrome de carence fruste, *Soc. Pédiat.* 18 fév. 1930.

334. MATHIEU R. et LEROY E., Etudes récentes sur les vitamines B et l'avitaminose correspondante chez les nourrissons. *J. Prat.*, 13 juin 1931, 55: 385-391.

335. MIGUET 8, pp. 99-124.

336. « Pour simplifier, nous désignons sous le nom de *germes de meunerie* un mélange dont la composition moyenne était la suivante » (p.103) :

Embryons proprement dits	29 %
Assise protéique	22 %
Péricarpe	41 %
Partie périphérique de l'albumen	8 %

Tableau 67

*Augmentation du poids de chaque animal
par rapport à son poids initial.*

1^{re} expérience (durée 80 jours) :

Chien 1 (farine à 55 %)	43,02 %
Chien 2 (— 80 %)	48,40 %
Chien 3 (— complète)	68,86 %
Chien 4 (— 80 % + germes)	85,07 %

2^e expérience (durée 70 jours). Même blé que dans la 1^{re} expérience mais croisement des régimes.

Chien 1 (farine à 80 % + germes)	39,93 %
Chien 2 (— complète)	32,26 %
Chien 3 (— 80 %)	24,23 %
Chien 4 (— 55 %)	18,40 %

3^e expérience (durée 20 jours, en cours lors de la publication) :

Chien 1 (farine à 80 %)	4,32 %
Chien 2 (— 80 % + germes)	9,72 %
Chien 3 (— — —	7,63 %
Chien 4 (— — —	7,11 %

Des deux premières expériences, l'auteur conclut: « le pain complet, nettement supérieur au pain à 55 % et même au pain à 80 %, semble inférieur à celui que l'on obtient avec la farine à 80 % enrichie artificiellement par addition de 5 % de germes de meunerie... C'est le pain préparé avec cette farine qui nous a toujours donné les meilleurs résultats ». A la suite de la troisième, il peut écrire que « les différences de croissance des animaux qui sont allées en diminuant d'importance à mesure que l'âge des sujets s'élevait, tenaient bien à des différences d'alimentation et non à des idiosyncrasies. »

Ces résultats obtenus sur le chien en période de croissance devaient être confirmés et éclaircis à la lumière de nos connaissances sur les vitamines B, ainsi que par un travail de MORGAN

et BARRY³³⁷ consacré aux enfants hypotrophiques que l'usage de germes de blé améliore remarquablement.

Considérant que l'évolution de l'alimentation américaine consiste en une augmentation croissante de la consommation de lait, de fruits, de légumes, de sucre — 50 pounds en 1890 contre 112, en 1925, par tête — et au contraire en une baisse de la consommation de blé — 5,5 bushels contre 4,4, pour la même période — et que la quantité de vitamine B fournie par les céréales ne peut être remplacée par la trop faible quantité que fournissent fruits et légumes, ces auteurs estiment que « l'usage croissant de produits fortement raffinés, notamment de la farine blanche, aux dépens de préparations faites de céréales entières, constitue un autre mode de perte en vitamine B de la ration alimentaire moderne. Cette modification s'ajoute à la spoliation réalisée par la substitution du sucre à une partie des céréales de la ration. Ainsi tous les facteurs actuels, nés à la fois de causes économiques et d'un enseignement diététique récent, mais sans doute erroné, tendent à éliminer la vitamine B antinévritique de l'alimentation de cette partie de la population la plus instruite et, semblerait-il, la mieux nourrie. »

Ils comparèrent au point de vue accroissement du poids et de la taille « deux groupes de 31 et 57 enfants hypotrophiques de 11 à 13 ans. Chaque enfant, au cours de chaque période, était tenu d'ajouter à son repas de midi 85 gr. de rolls (genre de biscottes) confectionnés avec 50 % de germe de blé et 50 % de farine blanche (soit 142 gr. de germe par semaine). Le groupe témoin prenait les rolls habituels de farine blanche. »

Dans une première période, les accroissements pondéraux des enfants mis au germe de blé sont environ trois fois supérieurs à ceux du groupe témoin. En inversant alors les groupes, la supériorité d'accroissement revient encore au groupe au germe de blé. La figure 5 représente la courbe de poids d'un groupe

337. MORGAN A. F. et BARRY M. M., Underweight children. Increased growth secured through the use of wheat germ, *Amer. J. Dis. Child.*, mai 1930, 39: 935-947.

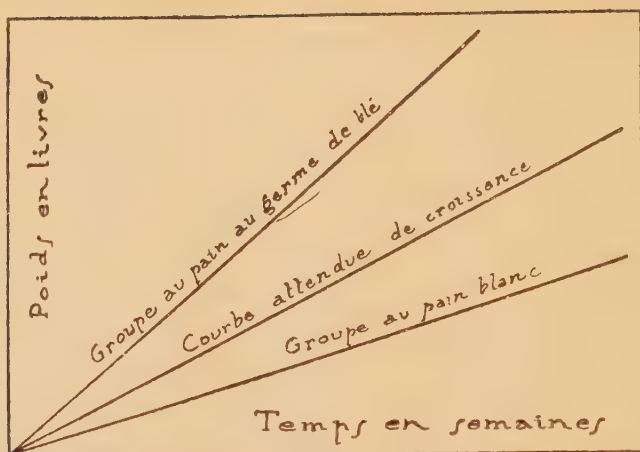


Fig. 5

Courbes d'accroissement pondéral d'enfants de 12 ans, montrant l'action de l'administration de germe de blé.

d'enfants de 12 ans et les modifications qu'elle subit sous l'influence de l'alimentation au germe de blé.

« Le gain en poids pour les groupes nourris au germe est constant et autour de 158,7 gr. par semaine [durant 8 et 12 semaines]. Les groupes ne recevant pas de germe de blé montrent des gains plus variables de 63,5 gr. à 81,6 gr. par semaine ».

La figure 6 que nous leur empruntons également montre les variations de la courbe pondérale de trois enfants en fonction de l'addition de germe de blé à leur alimentation ou de sa suppression.

Ces auteurs en concluent que « l'incorporation d'une proportion élevée de germe de blé propre, dépourvu de son et stérilisé, dans le pain, les rolls, les muffins, les biscuits, les gaufres, les pets de nonne, les cakes aux fruits et même dans tous les pains et farines est très désirable, notamment dans les régimes de pensionnats, hôpitaux, écoles et familles avec enfants. »

Ainsi MORGAN et BARRY expriment une opinion soutenue par nombre d'auteurs. L'intendant militaire SERAND³³⁸, qui s'est attaché à l'étude de la panification, remarquait déjà que « il y

338. SÉRAND³⁵¹, *Le pain...* p. 63.

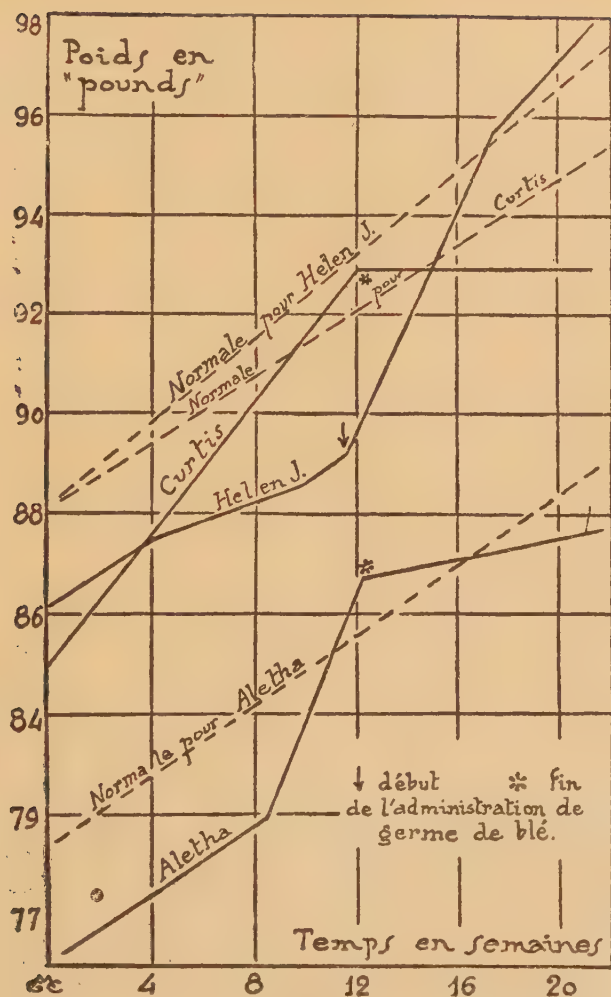


Fig. 6

Courbes de poids de trois enfants, montrant l'effet de l'administration du germe de blé

aurait grand avantage à utiliser non seulement les germes, mais encore les gruaux gris et rouges les plus périphériques du grain ». Notons qu'à cette introduction de produits riches en diastases, il n'oppose aucune objection tirée des difficultés de panification dont certains l'accusent.

On a encore pu attribuer au germe de blé un rôle dans l'assimilation de certains éléments de la ration alimentaire. COONS et COONS³³⁹ utilisent une préparation de germes de blé qu'ils ajoutent au régime de femmes enceintes, dans le but d'étudier son action sur la fixation du calcium, du phosphore, du magnésium, du fer et de l'azote. Les rétentions de fer et d'azote, quoique satisfaisantes avec le seul régime de base, sont encore améliorées par addition de germes de blé.

CONCLUSIONS

Arrivé à ce point de notre étude, nous pouvons donc conclure que le taux d'extraction qui incorpore à la farine le maximum d'éléments nutritifs est celui qui retire du grain de blé le maximum de farine³⁴⁰. Nous pensons avoir apporté dans ces pages assez d'arguments solides pour que ce jugement soit également celui du lecteur qui nous aura suivi.

On le voit c'est là une conclusion toute différente de celle de A. GIRARD et LINDET³⁴¹ qui estimaient, au contraire que « C'est à rejeter, autant que les moyens mécaniques dont elle

339. COONS C. M. et COONS R. R., Some effects of cod liver oil and wheat germ on the retention of iron, nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium during human pregnancy, *J. Nut.*, sept 1935, **10**: 289-310.

340. MAUREL^a arrivait à cette même conclusion. C'est ce qu'il a exprimé dans le passage suivant, mais en faisant toutefois un usage impropre du terme « blutage ». C'est « taux d'extraction » qu'il entendait (ainsi qu'en ferait foi au besoin le contexte) et qu'il eut mieux valu écrire, car il n'y aurait eu alors de confusion possible pour personne. Il demandait « Quel est le blutage qui utilise le mieux le froment, ou en d'autres termes, quel est le blutage qui fait entrer dans la farine le plus de substances nutritives contenues dans le froment ? A cette question, ainsi bien délimitée à la farine, la réponse suivante s'impose : c'est sûrement le blutage le plus élevé qui retire du froment le plus de substances nutritives ». Nous avons cité cet exemple d'erreur de terminologie, car elle a été depuis reproduite et a donné lieu à de facheuses méprises, amenant des auteurs à se critiquer alors qu'ils étaient du même avis.

^a MAUREL, Influence du blutage sur la valeur nutritive de la farine et du pain, *Ann. Hyg. publi.*, jan. 1918, **29**: 38-55.

341. A. GIRARD et LINDET⁶, p. 72.

dispose le lui permettent, l'enveloppe et le germe, à réserver pour l'alimentation humaine l'amande farineuse et l'amande seulement, que doit tendre aujourd'hui la meunerie, et c'est par conséquent sur les engins et les procédés qui, du produit de la mouture éloignent, dans la plus large mesure, les débris des parties de grain étrangères à cette amande qu'elle doit, de préférence, porter son choix. »

Il est donc nécessaire de préciser la position personnelle que nous entendons prendre relativement au taux d'extraction que nous estimons optimum. Mais encore auparavant nous faut-il considérer séparément les deux usages essentiels des farines: la confection des bouillies utilisées en diététique infantile et la fabrication du pain dont s'alimente l'enfant et l'adulte; distinction qui ne tient pas compte d'usages spéciaux de certains produits de mouture (gruaux pour pâtes alimentaires, semoules, etc...), non plus que d'usages moins fréquents ou moins importants (gateaux, sauces, etc...) que nous n'avons pas à envisager dans notre étude.

Dans un prochain chapitre, où seront détaillées des expériences portant sur diverses sortes de pains, nous examinerons, en conclusion, la question du taux d'extraction optimum pour les farines boulangères. Pour le moment ne considérons donc que les farines destinées aux bouillies infantiles.

Bien qu'un économiste pourrait montrer aisément que ce dernier usage absorbe annuellement une quantité de farine bien moindre que celle nécessaire à la boulangerie, cette voie de consommation est pour l'hygiéniste d'une grande importance. En effet, surtout à l'époque où commence l'administration de ces bouillies, le jeune enfant a une nourriture exclusivement lactée et l'enrichissement de sa ration en éléments hautement alibiles (hydrates de carbone directement assimilables, protéines de grande valeur plastique, sels de fer, de cuivre, vitamines de croissance, diastases, etc...) présente des avantages considérables.

C'est dire que la farine blanche doit céder le pas à une farine à plus fort taux d'extraction. Une farine complète, à 100 %, par sa richesse en cellulose risquerait d'entraîner des

troubles intestinaux, bien que FEER³⁴², dans sa clinique de Zurich, qui avait l'habitude d'additionner de farine blanche le lait des enfants nourris au biberon, dès l'âge de trois mois, jusqu'à un maximum quotidien de 5 gr. par mois d'âge, ait pu lui substituer le même poids de farine complète sans observer aucune modification dans la nutrition des nourrissons, non plus que dans l'état de leurs selles. Pour cet usage infantile, il serait donc souhaitable que la farine soit extraite suivant des procédés de mouture qui permettent de s'approcher des hautes extractions, tout en lui conservant des qualités, de finesse notamment, indispensables pour que son utilisation soit fructueuse et sans inconvénients. Les appareils de meunerie actuels ne permettent guère d'atteindre 85 % avec ces conditions; mais on peut espérer que dans un avenir prochain de nouveaux modes de mouture permettront d'atteindre ces desiderata.

On trouvera sans peine la preuve de l'utilité et des bienfaits d'une telle farine pour l'alimentation des nourrissons et jeunes enfants en considérant la valeur de certaines farines spécialisées du commerce français, dont l'administration est des plus avantageuses à ces organismes en pleine et délicate croissance.

De plus, ces farines à hautes extractions, données également sous forme de bouillies, seraient des plus utiles aux adultes malades, soit lors de la réalimentation progressive après la période aiguë de leur affection, soit au cours même de leur convalescence.

Il faut ajouter d'ailleurs que des bouillies de farine complète (taux de 100 %) auront une valeur thérapeutique, et non plus diététique, dans certains états pathologiques, utilisées, soit simplement cuites, soit encore fermentées puis cuites. LÉON-MEUNIER³⁴³, frappé de l'usage empirique que font les paysans bretons de « bouillies fermentées de farine complète » a attiré l'attention des praticiens sur leur mode de préparation et les bienfaits qu'on en peut tirer.

342. FEER. Cité N... 308.

343. LÉON-MEUNIER, Bouillies fermentées de farine complète, *Presse méd.*, 11 déc. 1935, 43: 2004-2005.

A cela certains repartirons peut-être: « Sans doute, la valeur diététique de ces bouillies est indéniable, mais les farines aux taux de 85-95 %, en raison de la présence en leur sein de graisses et de diastases, ne peuvent avoir une bonne conservation ».

Ce fait est exact; encore doit-on reconnaître que la conservation des farines de meules à 85 %, dans de bonnes conditions de stockage, est possible un an durant sans que s'y manifeste d'altération nuisible à leur bon goût ou à leurs qualités, que leur destination soit la diététique infantile ou la boulangerie. Cette conservation dépend d'ailleurs non seulement du taux d'extraction et du mode de mouture, mais encore, et pour beaucoup, du nettoyage du grain et des soins apportés à la manutention de la farine. Si l'action des graisses et des diastases se révèle néfaste après ce délai, entraînant une impossibilité de stockage prolongé, ce sont là des raisons majeures, certes, pour que de telles farines soient discréditées et combattues par la grande minoterie, mais ce ne saurait être un argument de valeur aux yeux de l'hygiéniste. Celui-ci, dans un long stockage, ne voit qu'une mesure spéculative, portant sur un aliment de première importance et ne pouvant que lui nuire; tout ce qu'il peut faire, c'est recommander qu'il soit étudié des méthodes permettant d'assurer à ces farines une conservation parfaite, de même que cela a été étudié et réalisé pour les grains (procédé LEGENDRE³⁴⁴ notamment).

Le travail des cylindres, en permettant l'obtention d'une farine dévitalisée (privée de diastases et autres éléments susceptibles de se transformer et de la modifier), a acquis la faveur des grands trusts de la minoterie française et étrangère, puisqu'il autorise toutes mesures spéculatives propres à favoriser leurs intérêts financiers. La farine de meules, par contre, nécessitant plus de soins et étant plus périssable, ne pouvait se prêter à ces manœuvres et s'est vue accablée de toutes les imperfections. Les hygiénistes de bonne foi, qui ont étudié cette question, ont bien aperçu cette raison profonde, peu avouable et toujours camouflée sous les intentions les plus philanthropiques.

344. Consulter : LEGENDRE⁴⁵, pp. 201-210.

LENGLET³⁴⁵, président alors de la Ligue de l'aliment pur, membre aujourd'hui du Conseil supérieur d'Hygiène publique, écrivait en 1912: « C'est la concurrence effrénée, c'est surtout la spéculation sans pudeur, qui ont fait de la substance vivante et délicate qu'est la véritable farine, une substance inerte et morte, la farine d'aujourd'hui ». LIACRE³¹⁴ que ses études avaient amené à connaître de près le monde de la minoterie, s'écriera: « Toute cette question n'est pas une affaire de physiologie; c'est une affaire de finances... La physiologie et la médecine contre des bilans financiers, tel est l'aspect secret du débat qu'il n'était peut-être pas inutile de mettre en lumière. »

Lors d'une polémique très vive entre minotiers et hygiénistes, survenue en 1932, au sujet de l'addition aux farines de poudres chimiques dites « améliorantes », on put constater à quels puissants intérêts se heurtait le corps médical³⁴⁶. Le lecteur qui désire éclairer son jugement sur ces choses pourra utilement se reporter aux documents publiés à l'époque. Pour nous, sans insister davantage sur cet aspect caché du problème, qu'il nous suffise d'attirer l'attention sur lui, car ce sont ces motifs profonds qui ont jusqu'à présent conditionné les méthodes de mouture et les taux de blutage, en dépit de tous les efforts du corps médical.

345. LENGLET. Cité MONTEUUIS 4, p. 10.

346. Ayant combattu cette sophistication des farines dès que son existence nous fut révélée (2 nov. 1930), nous avons suivi de près toutes les phases de ce débat que devait clore l'interdiction formulée l'Académie de Médecine (17 mars 1931). C'est cette étude préliminaire qui nous a amené à considérer par la suite la valeur alimentaire du grain, des farines et des divers pains.

CHAPITRE VI

La panification

Avant d'étudier le pain il nous a paru intéressant d'envisager sa fabrication ou panification, de manière tout à fait sommaire, et seulement en tant qu'évolution des éléments de la farine vers leur stade définitif.

La panification comporte trois opérations principales: le pétrissage, la fermentation et la cuisson, dont les deux premières sont plus ou moins intriquées, le pétrissage consistant à mélanger la farine (100 kg.), l'eau (30 kg.), le sel (300 gr.) et le levain ou la levure.

Outre la sapidité qu'il donne au pain, le sel intervient dans la cohésion de la trame glutineuse, sans doute par intervention de ses ions Na et Cl, et il joue un rôle correctif, servant « à réprimer les effets d'une fermentation trop accélérée, à donner du corps à des farines qui n'en ont pas suffisamment ou qui l'ont perdu » déclarait PARMENTIER ³⁴⁷.

LOEB ³⁴⁸, ayant travaillé plusieurs années en collaboration avec un vieux boulanger averti des choses de son métier, nous livre à ce propos de justes réflexions sur cet art: « Ces propriétés du sel sont aujourd'hui assez bien connues des vieux boulangers surtout, exclusivement habitués au travail de pétrissage à bras... Ainsi salait-il davantage des pâtes à faible gluten, faisant gagner de la sorte à la pâte un peu plus de cohésion, tout en corrigeant l'effet ralentisseur du sel sur la fermentation en forçant un peu en levure. Ce sont de ces petits tours de mains de vieux professionnels qui permettaient alors d'obtenir du pain de bon aspect

³⁴⁷. PARMENTIER 238, p. 352 : copié par SÉRAND ³⁵¹ pp. 91-92.

³⁴⁸. LOEB ³⁹, p. 146-147,

malgré la médiocrité de la farine. Ces petits détails qui ont leur importance se perdent petit à petit avec la diffusion du pétrin mécanique, le boulanger n'étant plus en contact direct avec la pâte. *Le boulanger de nos jours... ignore le signolage qui jadis faisait son art.* »

PETRISSAGE

La panification avait jadis lieu sur levains. Une portion de pâte prélevée en fin d'un précédent pétrissage ou une portion du levain de tout point précédent, laissée six à sept heures à température convenable et ayant de la sorte doublé de volume, constituait un levain-chef qui était pétri avec de l'eau et de la farine de manière à en quadrupler le volume (levain de première); six heures après, le même travail fournissait un levain de seconde puis une dernière manipulation analogue, deux heures après, donnait le levain de tout point, dont le volume était égal à la moitié d'une fournée en hiver, au tiers en été. Ce levain délayé à l'eau nécessaire à toute la fournée recevait ensuite par petites quantités toute la farine voulue, c'était la frase que suivait la contrephrase.

Cette méthode longue et pénible, nécessitait une surveillance et un travail depuis seize heures jusqu'au lendemain matin huit heures.

Depuis la substitution du pétrin mécanique au travail du geindre, la suppression du travail de nuit, l'introduction de la loi de huit heures et tout récemment celle de la semaine de quarante heures, les méthodes de pétrissage et de fermentation ont complètement évolué. Nous faisons entièrement nôtre cette appréciation de LABBÉ ³⁴⁹: « L'illogique réglementation du travail de la boulangerie, interdisant toute opération de nuit, ne permet plus de fabrication rationnelle du pain. Les levains sont abandonnés et on ne laisse plus aux levures le temps nécessaire pour agir convenablement. »

Actuellement on réalise un travail sur levure ou travail du

349. LABBÉ Henri, L'alimentation végétale en diététique. Pains de régime et leurs diverses formes, *Ann. d'Hyg.*, avril 1935, **3**: 193-209.

direct. En délayant de la levure de bière avec de l'eau et de la farine, on obtient une pouliche que l'on renouvelle chaque jour et qui sert au pétrissage des fournées de la journée. Après quatre heures de fermentation la pâte peut être façonnée puis laissée dans les panetons quarante à cinquante minutes avant d'être enfournée.

En étudiant les cellules de l'assise protéique nous avons vu longuement l'utilisation qu'en permet le pétrissage lorsqu'elles sont préalablement brisées ou fissurées. « Le gluten forme une masse très adhérente qui est brassée avec une grande force, que ce soit à bras ou avec un pétrin mécanique, et cette masse résistante, élastique, opère des tractions en tous sens qui peuvent suffire à expliquer les altérations des cellules à aleurone dans le pain de consommation courante pendant la guerre », estimait LIACRE ³⁵⁰.

Cette opération a encore pour but d'agréger le gluten et de l'amener à l'état de réseau cohérent. Tel la cire dans un gâteau de miel, il emprisonne dans ses alvéoles la masse amidonneuse.

FERMENTATION PANAIRE

Les notions que nous avons sur la fermentation panaire sont encore loin d'être précises. Elles ont beaucoup varié avec les époques et les chercheurs qui s'en sont occupé; elles ont même provoqué de longues et ardentes discussions.

LEVAINS ET LEVURES

POUR CHICANDART, un *bacillus glutinis* attaquait le gluten sans altérer l'amidon; en réalité, c'est aux dépens du stock glucidique que se produit une fermentation alcoolique, principalement sous l'action du *saccharomyces cerevisiae*. Sans doute aucun interviennent également d'autres micro-organismes. Dans le travail sur levains, il y avait apport notamment de bacilles lactiques. Or si la dose d'acide lactique formé n'est que de 0,5 à 1 %,

³⁵⁰, LIACRE ^{§10}, p. 72,

l'énergie des levures est plutôt exaltée et SERAND ³⁵¹ remarquait que « une fermentation lactique modérée avant et après le développement des levures est utile, car non seulement l'acide, ainsi formé, est favorable aux levures, mais parce qu'il possède le pouvoir très important d'arrêter le développement des bactéries butyriques, à la dose favorable aux levures » ; aussi cet intendant militaire estime-t-il ³⁵² que cette fermentation lactique secondaire « est utile à la bonne réussite des levains, lorsqu'elle est modérée. »

Jadis demandée exclusivement aux levains, la fermentation a été ensuite l'œuvre de levures de brasserie et actuellement elle est obtenue au moyen de levures de mélasse ou de grains, que les boulangers préfèrent en raison de leur activité plus régulière et de leur meilleure conservation. Elles sont livrées somprimées en paquets. Leur action est beaucoup plus brutale, leurs effets plus rapidement obtenus qu'avec les anciens levains.

Il y aurait beaucoup de remarques à faire sur la substitution des levures aux anciens levains. SERAND ³⁵³ ne recommande-t-il pas que « on ne doit faire emploi de levure que dans le cas de nécessité impérieuse et on doit revenir au levain de pâte aussitôt que cela est possible » ? Or actuellement le mouvement gagne même les manutentions militaires, dont certaines commencent à travailler sur levures.

Le travail sur levains, s'il nécessite, outre un labeur plus long et suivi, des connaissances pratiques et une habileté professionnelle qui ne se rencontrent plus guère, le moment d'utiliser le levain, les quantités à employer, variant avec les saisons, avec les qualités des farines, avec leur mélange, etc..., du moins « il met dans la main de l'ouvrier un instrument propre à tout » ³⁵⁴ qu'il peut utiliser pour diriger, retarder, accélérer les opérations.

Nous pensons qu'aujourd'hui, comme au temps de PARMENTIER ³⁵⁵, ce savant aurait encore raison qui disait, parlant

351. SÉRAND, *Le pain; fabrication rationnelle; historique...*, Paris, Dunod et Pinat, (1^{re} éd. en 1910) 2^e éd. 1911 : 206 pages, in-8°. P. 39.

352. SÉRAND ³⁵¹, *Le pain...*, p. 51.

353. SÉRAND ³⁵¹, *Le pain...*, p. 9.

354. SÉRAND ³⁵¹, *Le pain...*, p. 88.

355. PARMENTIER ²⁸⁸, p. XXX,

des levures de brasserie, « dont le grand usage est dû à l'ignorance dans laquelle on a été pendant longtemps, des règles à observer pour renouveler à propos, conduire et distribuer le levain naturel » suivant les saisons, la qualité des farines et l'espèce de pain qu'on fabrique. C'est encore l'opinion de BALLAND³⁵⁶ qui s'explique l'abandon des levains en remarquant « que la conduite des levains, l'opération la plus délicate de la boulangerie est généralement confiée à des personnes qui en méconnaissent la portée ».

Mais cet abandon des levains, par ignorance de leur biologie, ne doit pas étonner, si l'on remarque que les recherches bactériologiques sur les levains ont été jusqu'ici très insuffisantes. Le travail de la pâte exige une rigoureuse pureté des complexes bactériens qui vivent sur levains, l'ensemencement par mégarde de ceux-ci avec une espèce putride par exemple, ayant des effets désastreux que les boulangers connaissent bien.

Les levains composés d'éléments bactériens sélectionnés n'existent pas et c'est à de tels levains scientifiquement établis et préparés qu'il faut confier la fermentation panaière.

Pour qui a pu faire la comparaison, il ne fait aucun doute que « l'antique levain donne un pain plus sapide, plus frais, devenant moins rugueux en vieillissant et qui s'émiette moins en devenant rassis »³⁵⁷. Pour LOEB³⁵⁸, il faut « certainement chercher la saveur du bon pain dit « de campagne » dans l'emploi du levain, où la fermentation alcoolique est accompagnée par d'autres fermentations secondaires ou accessoires qui donnent naissance à certains produits qui agissent favorablement sur le goût et la saveur du pain. »

L'eau, dont l'origine pour PARMENTIER était indifférente, a certainement un rôle plus important que ne le croient la plupart des boulangers. On sait que l'eau bouillie est assez impropre au pétrissage, soit qu'interviennent des précipitations de sels (carbonates) ou une modification du pH, soit pour d'autres

356. BALLAND⁴⁷, *Céréales*, p. 249.

357. FOUASSIER Paul, *Pour le boulanger et le pâtissier*, Paris, Dunod, 1928, P. 32, note 1.

358. LOEB³⁹, p. vii,

raisons que nous ne connaissons pas encore. Récemment DANGOUMAU et CUVIER³⁵⁹ ayant étudié l'action de quelques eaux minérales sur la fermentation panaire et les diastases de la farine ont démontré que la nature de l'eau utilisée n'était pas aussi indifférente que le pensaient PARMENTIER ou SERAND.

LES ALIMENTS DU FERMENT FIGURÉ

Les cellules de levure, qu'elles proviennent du levain ou de la levure pressée, agissent sur les sucres de la farine et les décomposent en alcool et gaz carbonique notamment. Cette fermentation alcoolique amène effectivement la disparition d'une certaine proportion d'hydrates de carbone: 2,3 % pour GRAEGER, 4,2 % pour FEHLING³⁶⁰.

Mais on est encore mal fixé sur la nature des glucides qui entretiennent cette fermentation. Pour LOEB³⁶¹, le raffinose interviendrait, alors que GUILLEMET, SCHELL et LE FUR⁴⁵ nient l'existence de ce glucide dans les farines. Selon MOHS³⁶² et selon SCHMORL³⁶², la levure posséderait une diastase saccharifiante, ce que ne reconnaît pas LOEB³⁶². Cependant, on peut supposer que la pâte a à sa disposition plusieurs glucides: *a*: des glucides réducteurs préformés en quantité inférieure à 0,15 % du poids de farine³⁶³, glucose selon GUILLEMET⁴⁵, ou dextrines et « substances amylacées solubles » pour LOEB³⁶⁴, en proportion appréciable, 2 % environ, qui seront transformés en sucres fermentescibles.

b: du maltose, sucre diastasique de LOEB, qui prend nais-

359. DANGOUMAU A. et CUVIER, Etude de l'action de quelques eaux minérales sur la fermentation panaire et les diastases spécifiques d'une farine de froment, *J. Méd. Bordeaux*, 30 juin 1930.

360. Cité ARNOULD Jules, *Nouveaux éléments d'hygiène*, 3^e éd., Paris, Bailière et fils, 1895, p. 510.

361. LOEB³⁹, p. 83.

362. MOHS K., *Mehlchemie*; SCHMORL, *Analytische Betrachtungen über die Bestimmungsmethoden für Rohfaser, Pentosane u. Fermente der Getreidemehle*, *Zeitsch. f. d. ges. Mühlenwesen*, mai 1928. Cités LOEB³⁹, p. 138.

363. LOEB³⁹, p. 49.

364. LOEB³⁹, p. 32.

sance dans la pâte dès son hydratation, dont la quantité varie entre 1,5 et 3 % du poids de farine au bout de quatre heures ⁴⁵.

c: du saccharose, non réducteur mais facilement fermentescible après inversion. Selon LOEB le taux de saccharose ne serait que de 0,25 % au maximum, alors que pour BLISH, STANSTEDT et ASTLEFORD ³⁶⁵, il est plus élevé, et de l'ordre de 1 à 2 % pour GUILLEMET ⁴⁵ dans les farines ordinaires.

GUILLEMET, SCHELL et LE FUR ⁴⁵ évaluent que « 70 % des sucres disparus de la pâte sont transformés en alcool ». La température a une influence sur la vitesse de fermentation; pour ces auteurs « à 20°, il faut trois fois plus de levure [levures hautes pressées de boulangerie] qu'à 27° pour produire la même quantité d'alcool dans le même temps ». De plus le saccharose fermente plus vite que le maltose.

BOLAS ³⁶⁰ dosant l'alcool qui subsiste dans le pain en trouve 0,221 à 0,401 %. Cependant DUCLAUX ³⁶⁰ n'en trouvant pas trace, avait douté de la nature alcoolique de cette fermentation. La disparition de l'alcool peut en effet s'expliquer facilement si l'on remarque que la température à laquelle le pain est soumis durant la cuisson ne peut manquer de le volatiliser ou même de le détruire.

Quant au gaz carbonique, son rôle est capital. Il provoque la formation de bulles gazeuses dans la masse panaire, qui grâce à l'élasticité du gluten se laisse distendre; il augmente donc le volume global de la pâte en créant dans son sein un nombre infini d'alvéoles qui se dilateront encore sous l'influence de la chaleur du four. Ainsi se produit cet aspect vésiculé, aéré, du pain bien levé.

Il existe un rapport entre le gaz carbonique et l'alcool formés, rapport qui croît légèrement du début à la fin de la fermentation panaire, mais en restant toujours compris entre 0,70 et 0,80 ⁴⁵; « contrairement à ce qui se passe en solution aqueuse, il y a donc un déficit d'environ 20 % de gaz carbonique dans la fermentation panaire ». D'ailleurs la production gazeuse

365. BLISH J., STANSTEDT R. M. et ASTLEFORD G. R., *Cereal Chem.*, 1932, p. 378-398. Cité GUILLEMET ⁴⁵,

est sensiblement égale à la moitié de celle calculée à l'aide de l'équation: $C^6H^{12}O^6 = 2 C^6H^5OH + 2 CO^2$, les brassages de la pâte en éliminant la majeure partie. Ainsi GUILLEMET, SCHELL et LE FUR ⁴⁵ ont vérifié que « le dégagement gazeux qui a lieu entre la dernière tourne et la mise au four contribue presque seul au volume du pain »; d'où ils concluent « l'essentiel est donc que le stock glucidique de la pâte permette à cette fermentation terminale de s'effectuer dans de bonnes conditions. »

Or nous avons vu que les farines blanches sont toujours beaucoup moins riches en sucres que celles à taux d'extraction plus élevés, vraisemblablement du fait de l'inclusion dans ces dernières du germe, dont la richesse en sucres s'élève à 24,35 %. On conçoit donc que les farines blanches et provenant du seul albumen comme le commerce actuel les produit, soient plus difficiles à faire fermenter. C'est ainsi qu'un boulanger qui a longtemps manié des farines du commerce à 60 % et des farines de manutention militaire à 75 %, nous disait récemment que, toutes conditions égales et en faisant du direct, ces dernières farines ne demandaient que deux heures et demie là où les premières eussent exigé trois heures.

A la suite de leurs expériences, GUILLEMET, SCHELL et LE FUR ⁴⁵, trouvent que « s'il existe une consommation maximum en sucre que la levure ne dépasse guère, il y a par contre des farines pauvres en glucides fermentescibles qui ne permettent pas cette consommation maximum, même à une faible dose de levure ». Pour eux « la quantité totale de glucides fermentescibles désirable en panification est au maximum de 3 % du poids de la farine » (pourcentage ne s'appliquant que pour une dose de levure voisine de 0,2 % de matières sèches et à la température de 27°); aussi constatent-ils que bien des farines sont un peu déficitaires. En effet en admettant les taux de sucres réducteurs de BRUÈRE, 0,03 % ou ceux de DANGOUMAU, 0,08 %, ou ceux de LOEB, 0,25 % et celui des sucres réducteurs formés par les diastases, soit 1 %, on est loin de ce maximum désirable.

DIASTASES ET pH

De plus dans les farines au taux de 80 %, par exemple, les diastases sont abondantes et dès que leur activité est déclenchée par l'hydratation de la pâte, elles engendrent des sucres fermentescibles. DANGOUMAU et CUVIER³⁵⁹ trouvent qu'il y a de la sorte formation de 1 % de sucre réducteur, exprimé en glucose. Pour eux l'amidon ne serait pas touché, alors que LOEB³⁶⁶ pense le contraire.

Avec les farines blanches, ce même processus est plus long et moins vif, étant donnée leur pauvreté en diastases. WOOD³⁶⁷ trouve qu'une farine déficiente en activité diastasique ne peut fournir à la cuisson un pain volumineux à moins que du sucre ne soit ajouté au pâton. MARTIN³⁶⁸ a remarqué « que lorsqu'une préparation diastasique active était ajoutée à une pâte de médiocre pouvoir diastasique on pouvait obtenir un pain plus volumineux » ; et BAILEY de s'interroger : « De quelle manière augmenter l'activité diastasique de farines provenant de certaines variétés de blé devient donc un réel problème. »

Aussi le boulanger doit-il fréquemment de nos jours adjoindre à la levure une petite quantité d'extrait de malt dont les diastases jouent le rôle de celles dont on a privé la farine par un blutage excessif. Nombreuses sont les spécialités dont les réclames figurent dans les journaux corporatifs (Activase, Deromalt, Diamalt, Diastasol, Fabamalt, Gloria, Lactomalt, Maltol, Panamalt, Panifax, Rapidase, Samomalt, etc...)

BAILEY³⁶⁹ avait tenté de corriger cette pauvreté en diastases de certaines farines en incorporant au blé mis en mouture une faible quantité de grains germés : « L'addition de 2 % de grains germés augmente le volume du pain de 5 %, améliore la texture et l'apparence et raccourcit la durée de la fermentation. Le pouvoir diastasique de la farine était en même temps élevé à

366. LOEB 39, pages : 77, 79, 80, 83, 84.

367. WOOD T. B., The chemistry of the strength of wheat flour. I. The size of the loaf, *J. Agric. Sc.*, 1907, 2: 139-160 ; II. The shape of the loaf, *Ibid.*, 267-277. Cité BAILEY 60.

368. MARTIN F. J., Properties affecting strength in wheaten flour, *J. Soc. Chem. Ind.*, 1920, 39: 246-251 T. Cité BAILEY 60, p. 238-239.

369. BAILEY 60, p. 240.

204 », au lieu de 126 unités. Une addition de 3 % accroît encore ces effets. On peut s'étonner après cela des méthodes de mouture qui après avoir éliminé le germe des farines, le trouvent avantageux et l'y rajoutent pour en corriger les défauts !

L'activité des diastases saccharifiantes des farines de froment varie entre autres facteurs, avec l'état de dilution, avec le taux d'extraction, avec la température, avec la réaction du milieu. Opérant à pH constant, LOEB³⁷⁰ voit que la saccharification diastasique « inexistante à 0°, augmente faiblement jusqu'aux environs de 45°, puis très rapidement jusqu'à 62,5° et retombe aussi rapidement au delà de cette température. » (Fig. 8).

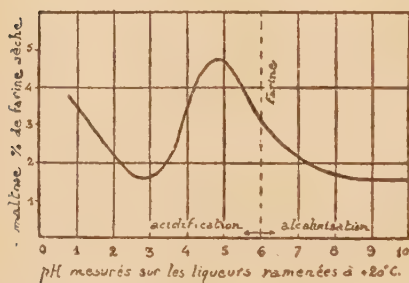


Fig. 7
Influence du pH sur l'activité
diastasique des farines de
de froment

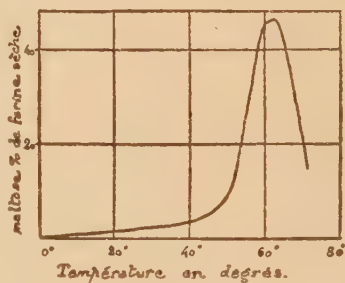


Fig. 8
Influence de la température
sur l'activité diastasique des farines
de froment.

« Toutes les tentatives entreprises pour élucider la série exacte des transformations subies par les sucres, dans la fermentation alcoolique, n'ont pas encore abouti à une connaissance précise et exempte d'hypothèses des réactions qui se produisent effectivement »³⁷¹; en effet cette entreprise, dans le cas de la fermentation panaière, est particulièrement délicate, en raison notamment de l'intervention d'une multitude de facteurs: température, pH, variation du pH en cours d'évolution de la fermentation, nature des sucres, tension d'oxygène, présence de phosphates, de complexes lipidiques et protidiques, toutes actions

370. LOEB 39, pp. 23-29.

371. MOLLIARD 78, 3: 248.

qui interviennent d'autre part sur la vitalité, l'activité et les variations des levures et des levains sur la pâte qu'ils colonisent.

Les études modernes ont montré le rôle capital du pH dans les phénomènes de la fermentation panâire. L'auteur même ³⁷² de la notion de pH a consacré une étude à ce sujet. MICHAELIS ³⁷³, RUMSEY ³⁷⁴, LOEB ³⁷⁵ ont fourni des courbes de l'activité diastatique en fonction du pH du pâton. Pour une farine de pH naturel 6,2, LOEB ³⁷⁵ a observé la courbe de saccharification de la figure 9. A pH 5, la courbe de saccharification présente un sommet. « La chute est rapide sur les deux versants, mais se termine en pente douce du côté alcalin, pour toucher définitivement sa valeur de départ à pH 8,5 environ. » De l'autre côté la courbe revient à la valeur de départ à pH 3, pour reprendre son ascension dans la région des fortes acidités.

Les diastases du blé autres que l'amylase, ont leur pH optimum dans les zones suivantes ³⁷⁶, qui n'ont rien d'absolues, étant fixées in vitro.

Protéase : 4,6 (LUERS et SPINDLER, 1925-1926).

Catalase : 7,0 (MERL et DAIMER, 1922).

Phytase : 5,4 à 5,5 (ADLER, 1916).

Notre dessein n'est pas de développer ici cette vue capitale; encore ne faut-il pas oublier que « les ions H, et pour d'autres diastases les ions OH, sont probablement assimilables aux substances qu'on appelle les codiastases et dont la présence est nécessaire à l'action de certaines diastases... Tantôt on suppose qu'il s'agit de corps qui activent les diastases, tantôt on admet qu'ils sensibilisent la substance transformée. C'est de la même manière que s'expliquerait l'action de certains sels activant les digestions diastatiques par exemple les sels de calcium, de man-

372. SORESENSEN, Le pH en panification, *Amer. Food J.*, 1924, **19**: 556-560.

373. MICHAELIS L., diverses études publiées dans *Biochem. Ztschr.*, 1914, tomes **59 à 65**.

374. RUMSEY L. A., Diastatic enzymes of wheat flour and their relation to flour strength, *Amer. Inst. Baking Bull.*, 1922, n° 8.

375. LOEB ³⁹, pp. 12-20.

376. LEGENDRE ⁴⁶, *Les céréales*. p. 76.

ganèse, d'aluminium, les phosphates ou d'autres substances, telles que l'asparagine et les matières protéiques. » ³⁷⁷

COMPLEXITE DU MILIEU PANAIRE

Si les protides glutiniques marquent la pâte de leurs propriétés colloïdales si spéciales, l'acidité au moment du pétrissage et de la mise au four paraît être le facteur le plus important des variables de la panification.

Les matières protéiques, les phosphates, les sels de calcium se trouvant dans les farines à faible taux d'extraction en quantité bien moindre que dans les farines de meules ou de taux élevé on comprend que les diastases des levures ou des levains ou celles mêmes de la farine, éprouvent de grandes difficultés à faire fermenter ces farines dévitalisées. C'est là que, pour nous, réside la cause majeure des difficultés du travail de telles pâtes qui ont amené les chimistes à y introduire ces poudres dites « améliorantes » qui ont fait grand bruit il y a quelques années.

EFFRONT ³⁷⁷ ne donne-t-il pas les chiffres du tableau 68, se rapportant aux quantités de maltose produit par un même ex-

Tableau 68

	Extrait seul	8,63
0,5 %	Phosphate de chaux	46,12
0,25 %	Alun d'ammoniaque	62,40
0,25 %	Acétate d'ammoniaque	62,40
0,05 %	Asparagine	61,20

trait de malt, dans les mêmes conditions de température, mais suivant qu'il est employé tel quel ou additionné de différentes substances ? On voit notamment que par addition d'une très faible proportion de phosphate de chaux — élément dont nous avons remarqué la richesse dans l'embryon et l'assise protéique — ou d'asparagine — élément que l'on trouve aussi en petite quantité dans l'embryon — on multiplie par 5,5 et par 7 l'activité des diastases du malt. LENGLET ⁹¹ peut donc avec raison dire que

³⁷⁷. MOLLIARD 78, 3: 69-70.

« diminuer, dans le milieu panaire, les albumines, les minéraux, les diastases, les faire varier dans leur structure moléculaire, c'est condamner le ferment figuré à une vie précaire, incertaine et inactive. »

LOEB ³⁷⁸ estime que « L'influence de la partie minérale sur la plasticité des pâtes ainsi que sur la fermentation est incontestable; la libération plus ou moins poussée des phosphates primaires et secondaires peut entraîner des changements dans la réaction du milieu. Il est ainsi connu que les farines les plus pures, donc très pauvres en sels, ne sont pas les meilleures au point de vue fermentatif. Les sels minéraux, les phosphates principalement, avec les substances azotées et l'acide carbonique de fermentation, communiquent à la pâte des propriétés tampons très considérables qui s'opposent très énergiquement à tout changement brutal de la réaction du milieu; ce phénomène est surtout prononcé dans les farines basses très minéralisées. »

Il n'est pas que les glucides, les sels, les diastases, le gluten, etc... qui interviennent dans la fermentation panaire et conditionnent les qualités du pain obtenu. Si, dès 1925, BAILEY ³⁷⁹ s'estimait convaincu que « les glycérides naturels et les phosphatides de la farine ont une plus grande influence sur le comportement colloïdal de la pâte qu'il n'a été généralement convenu » et malgré les travaux anciens de SALAMON ³⁸⁰, JOHNSON ³⁸¹ le rôle important des matières grasses n'a été mis en valeur que récemment.

DANGOUMAU ³⁸² puis KLING, FROIDEVAUX et DUBOIS ³⁸³ ont constaté qu'en soumettant « une farine quelconque à des dégraissages répétés, on constate que la pression extensimétrique [à l'appareil Chopin] des produits de ces dégraissages successifs,

378. LOEB ³⁹, p. xxiii.

379. BAILEY ⁶⁰, p. 288.

380. SALAMON A. G., Discussion of paper by Baker and Hulton, *J. Soc. Chem. Ind.*, 1908, **27**: 375.

381. JOHNSON A. H., The relation of gas retention by wheat flour doughs to flour strength and fermentation, Thèse Univ. Minnesota, 1923.

382. DANGOUMAU ¹⁴⁷ et DANGOUMAU ¹⁴⁸.

383. KLING André, FROIDEVAUX J. et DUBOIS Félix. Le rôle joué par la matière grasse contenue dans les farines, *C. R. Ac. Sc.*, 1934, **198**: 389-391.

s'élève progressivement » ³⁸³. Réalisant des essais sur de nombreuses farines, au même taux d'extraction, ces derniers auteurs ont « constaté qu'en général les pressions extensimétriques des farines sont d'autant plus élevées que le rapport gluten/matières grasses est lui-même plus grand » ; ce fait tenant à une « réduction de la tension interfaciale entre la matière grasse imprégnant les éléments cellulaires des farines et le liquide utilisé pour le pétrissage ». Ainsi pourraient s'expliquer partiellement les heureux effets de la maturation qui, créant des acides gras, abaisse cette tension interfaciale.

Cependant DANGOUMAU ¹⁴⁸ étudiant ces phénomènes, non plus à l'extensimètre, mais au fermentomètre de son invention, s'il constate bien que « le dégraissage modifie fortement certaines phases de la fermentation » qu'il précise, il voit les essais de panification s'opposer aux résultats fournis par l'extensimètre. En désaccord avec ces résultats, STOCKHAM ³⁸⁴ rapporte des volumes de pains inférieurs avec les farines ayant subi le dégraissage à l'éther. Il observe même une amélioration de la force boulangère, lorsque 0,6 % de graisse de blé est ajoutée à la farine primitive.

Le temps accordé à la fermentation ne doit pas être prolongé au delà de certaines limites, sinon à la fermentation alcoolique succède une fermentation acide (surtout en cas de levain, et de levain mal entretenu) dont l'action dissolvante sur le gluten se traduit par un affaissement des pâtons et la production d'un pain mal levé.

Par contre comme l'écrivait PARMENTIER ³⁸⁵ « la fermentation n'est nullement avantageuse au pain quand elle est brusquée et rapide; c'est un mouvement qui doit s'opérer lentement et par degrés » ; et il n'est pas de doute que la fermentation brusque des levures substituée à la lente transformation réalisée par les levains n'ait eu des conséquences. Ce même auteur ³⁸⁶, comparant les pâtes obtenues sur levains et sur levures cons-

384.. STOCKHAM W. L., Some factors related to the quality of wheat and the strength of flour, *No. Dak. Agric. Exper. Stat. Bull.*, 1920, n° 139.

385. PARMENTIER ²³⁸, *Le parfait boulanger*, p. 251.

386. PARMENTIER ²³⁸, *Le parfait boulanger*, p. 322.

tatait: « La pâte faite avec la levure est moins tenace et moins longue que celle où il n'y a que du franc levain; la fermentation s'y établit trop promptement, elle fond et mollit à l'apprêt; souvent au four, elle s'aplatit tout à fait. L'autre a une ressource de plus; quand elle serait même un peu trop prête, elle bouffe encore au four. »

LOEB³⁸⁷ estime « que les farines de nos blés indigènes à gluten peu tenace doivent fermenter plus longtemps avec 0,8 à 1,2 % de levure, alors que les farines de force réussissent généralement bien mieux par une fermentation leste avec 1,2 à 2 % de levure au grand maximum ». Ces doses sont bien éloignées de celles, allant jusqu'à 4 et 5 %, que conseillent des auteurs, allemands notamment.

Avec cet auteur³⁸⁸ on peut considérer qu'au cours du repos de la pâte, il se passe deux phénomènes qui marchent de pair, tout en étant pratiquement indépendants l'un de l'autre: le premier, considéré comme une maturation, résultant de phénomènes physico-chimiques et enzymatiques, dont l'optimum variable dépend de la nature des blés, et qui définit la plasticité. Le second est celui de la fermentation proprement dite provoquant le dégagement, au sein de la pâte, du gaz carbonique par la levure et qui définit la levée.

On le voit les recherches concernant la fermentation panair ne sont pas encore au point, et bien des phases de ce phénomène intime de la pâte nous sont encore inconnues. Si la biologie des levures nous est connue, celle des levains sélectionnés reste à faire; elle mérite de tenter quelques chercheurs, car il ne fait pas de doute que les avantages que l'on retirerait de l'usage de tels levains seraient appréciables.

CUISSON

Si le four est chauffé vers 250°, sa température tombe aux environs de 200° à la suite de l'introduction des pâtons. Leur surface est saisie et la chaleur la transforme en une croûte

387. LOEB³⁹, p. 183.

388. LOEB³⁹, pages 54 et 181.

d'épaisseur limitée étant donnée sa très mauvaise conductibilité et qui par sa cohésion, maintient la forme du pain.

ACTION DE LA TEMPERATURE

Dans la masse, la température ne s'élève donc que progressivement; la fermentation est d'abord activée de ce fait, les quantités de gaz carbonique existant et ainsi produit augmentent, et ce gaz en se dilatant accroît le diamètre des yeux de la pâte. Vers 60° la fermentation alcoolique s'arrête, les levures étant détruites. Entre 60° et 70°, les ferments solubles continuent à agir, transformant l'amidon en empois et en faisant éclater les grains. A 80°, toute activité est annihilée; vers 95° la croûte cède à l'atmosphère du four une certaine quantité d'eau, cependant que la vapeur d'eau emprisonnée dans la mie contribue encore à la dilatation des cavités formées par le gaz carbonique.

En surface, la température étant sensiblement celle du four, soit autour de 175°, l'amidon et les sucres sont caramélisés, ce qui donne au pain une belle couleur dorée et un goût savoureux.

Au centre du pain, la température n'atteint souvent pas 100°; pour certains auteurs, elle serait encore inférieure. BALLAND et MASSON³⁸⁹ ayant étudié la température centrale du pain de troupe, fabriqué à la manutention militaire du quai de Billy, l'ont trouvée égale à 100-102° C.

Cette température est sans action sur l'activité des vitamines que nous avons vues exister dans les farines à taux d'extraction suffisamment élevé. La vitamine A résiste trois heures à 120°³⁹⁰. Si la vitamine B₁ paraît être la moins stable à la chaleur du groupe des vitamines B, B₂ l'est beaucoup plus et B₃ encore davantage. Quant à B₄, deux heures de chauffage à 120° ne peuvent la détruire. CHICK et HUME¹⁸⁹, DANIELS et Mc CLURG, ainsi que d'autres expérimentateurs ont démontré que l'ébullition durant une heure a peu ou pas d'effet destructif sur la quantité de vitamines B d'un aliment, si la réaction du milieu n'est pas alcaline¹⁷². Or, nous l'avons vu, la pâte a une réaction acide

389. BALLAND 47, *Céréales*, p. 237.

390. SIMONNET 329, p. 488.

(SCHWEIZER ³⁹¹, VON FELLEBERG ³⁹²). On peut donc estimer à priori que les vitamines A, B et E se retrouvent dans les pains, lorsque les farines ayant servi à les préparer en contiennent.

C'est ce qu'ont constaté les auteurs qui se sont préoccupés du sort de ces vitamines au cours de la cuisson de bouillies, de galettes ou de pains. On a vu les résultats que MIGUET ⁸ obtint sur la croissance de chiens, en utilisant des pains ou plutôt des galettes peu épaisses (7 mm.) soumises à 130°. TISDALL, DRAKE, SUMMERFELD et BROWN ¹¹⁹ constatent que les vitamines B₁ et B₂ du germe de blé résistent à la température de 149° C, prolongée durant vingt minutes. Quant à la vitamine E, elle est remarquablement résistante à la chaleur. VOGT-MØLLER et BAY ²⁰⁵ pour préparer une huile de germe de blé active, soumettant 500 gr. de germes à 100° C. pendant deux heures. « Le chauffage du germe de blé à 170° C, de manière à le griller fortement, laisse la vitamine E intacte » ¹⁹⁹.

HYDRATATION DES PAINS

L'hydratation du pain intéresse également l'hygiéniste, puisque sous un même poids la quantité de substance alimentaire peut sensiblement différer. Cette hydratation est en effet variable suivant la forme donnée au pain, suivant le développement que prend la croûte au four, suivant le taux d'extraction de la farine. BALLAND ³⁹³ indique les hydratations suivantes pour des pains préparés à partir d'une pâte à 45 % d'eau :

Farine extraite à 70 %		38 à 45 % d'eau
— — 80 %		46 à 47 % —
— — 100 %		50 % et plus parfois.

D'où l'on a vu certains auteurs conclure qu'à poids égal, le pain blanc apportait plus d'éléments nutritifs; raisonnement trompeur qui ne tient compte ni de la qualité des éléments fournis, ni de l'utilisation des substances assimilées accompagnées de leurs

391. SCHWEIZER C., Dosage de l'acidité du pain, de la farine, de la pâtisserie, *Mitt. a. de. Geb. d. Lebensmittelunt. u. Hyg.* 1931, 22: 117-124.

392. VON FELLEBERG, Evaluation des acides du pain, *Mitt. Geb. Lebensmittelunt. Hyg.*, 1930, 21: 99-103,

facteurs d'utilisation, ni même de leur simple élaboration avant la digestion et au cours de celle-ci. L'assimilation digestive et l'utilisation cellulaire ne sont pas commandées par la quantité mais par la qualité biologique de l'aliment. De plus, dans le cas du pain bis, il est extrait d'une même quantité de blé, une plus grande quantité de substances alimentaires et le déchet provenant d'une hydratation supérieure du pain ne saurait détruire un gain de cette importance.

Si le rendement en pains suit l'élévation du taux d'extraction, il suit également la richesse en gluten de la farine; ce qui ne surprend point puisque la teneur en gluten d'une farine s'élève parallèlement au taux d'extraction. C'est ce que montre le tableau 69 établi par FLEURENT ³⁹⁴.

Tableau 69

Gluten sec % de la farine .	12,61	12,10	7,80	7,50	7,15
Humidité du pain obtenu .	38,5	38,5	34	34	35

PANIFICATION DES FARINES A HAUTES EXTRACTIONS

Il convient maintenant d'envisager certaines conditions particulières à la panification des farines à taux d'extraction élevé. Si les phénomènes que nous avons examinés dans le présent chapitre s'appliquent de manière générale à toutes les farines, il en est qui varient avec les qualités de farines. Nous avons mentionné les difficultés de fermentation qu'offrent les farines à bas taux d'extraction (50-65 %); par contre des auteurs ont accusé celles extraites à taux élevés (80 et au-dessus) de ne point se prêter à la panification. Il nous reste à considérer ici leurs arguments à leur juste valeur. AMMANN ³⁹⁵ a réuni de manière qui suit les motifs pour lesquels il estime que l'assise protéique doit être rejetée des farines destinées à la boulangerie. Les inconvénients que l'on aurait trouvé à l'incorporation des germes à ces

393. BALLAND, Sur le rendement des farines en pains, *C. R. Ac. Sc.*, 1901, 133: 251-252.

394. FLEURENT ⁷, *Le pain de froment*, p. 113.

395. AMMANN ²⁴¹, *Meunerie et boulangerie*, pp. 57-59,

farines étant analogues, nous verrons ici ce que valent les critiques que l'on a adressées à la panification des farines bisées, c'est-à-dire comportant les éléments de l'assise protéique et du germe.

1° - L'assimilation de l'assise protéique est faible.

C'est une assertion dépourvue de fondement, depuis les travaux de LAPICQUE, de CHAUSSIN, de DEVILLERS, etc... et principalement ceux de LIACRE, que nous avons longuement rapportés.

2° - L'apport en acide phosphorique et en matières minérales est réalisé de manière suffisamment importante par d'autres aliments.

C'est là un argument spécieux qui, si on l'appliquait séparément et successivement à chacun de nos aliments, comme on le fait là, finirait pas priver notre ration de tous les éléments qu'il plairait et qui, s'il servait à excuser cette spoliation, pourrait aussi excuser le mouillage du vin, l'écémage du lait, etc...

3° - L'assise protéique [et le germe] incorpore à la farine une huile qui rancit et s'acidifie.

Nous avons vu ce que vaut cet argument, réel mais exagéré. D'ailleurs s'il peut être difficile de stocker la farine, on peut plus aisément conserver le grain lui-même, soit à l'état naturel, soit après lui avoir appliqué divers traitements inoffensifs et, en ne produisant la farine qu'au fur et à mesure des besoins, il serait possible d'écarter ces ennuis.

4° - L'assise protéique contient un principe laxatif qui trouble la digestion.

Ce fait ne repose sur aucun fondement. Si le son est laxatif, c'est par sa richesse en cellulose et non par sa teneur en graisses, en sels ou en vitamine B. Et encore cette action ne se manifeste-t-elle que lorsque le son est ingéré sous forme de larges placards et en assez grande quantité. L'action laxative du son est plus le propre de l'enveloppe externe que de l'enveloppe interne (assise protéique).

5° - Enfin, l'incorporation de l'assise protéique à la farine entrave la panification en raison: a) de l'apport de débris de l'enveloppe; b) de la présence de céréaline; c) d'une proportion

de gluténine trop forte par rapport à la quantité de gliadine; *d*) de la présence d'une matière mucillagineuse. Ces faits seront ici envisagés en bloc, la conséquence de leurs actions conjuguées étant la production d'un pain contenant des fragments cellulose-siques (*a*), bis (*b*) et mal levé (*c* et *d*).

Que des fragments de l'enveloppe externe du grain soient incorporés aux farines, même si leur taux d'extraction est inférieur à 83 % — ce qui est la proportion de l'amande farineuse pure dans 100 parties de grain — cela reste le fait d'un outillage dont le travail s'avère imparfait, puisque, s'il remplissait exactement son rôle, la zone d'où ces débris peuvent provenir, serait infailliblement éliminée.

BOUVIER³⁹⁶ examinant ce sujet, estime que « le nombre de débris de son, c'est-à-dire de débris d'enveloppe et de l'embryon, contenus dans une farine tirée à un taux d'extraction donné, n'est pas un nombre défini, valable pour toutes les farines tirées à ce taux. Il varie au contraire dans de très grandes proportions d'une farine à l'autre, suivant la qualité du blé mis en mouture, le plus ou moins grand perfectionnement des appareils et procédés de mouture mis en œuvre », selon encore, ajouterons-nous, le diagramme de mouture, etc...

Malgré cela, on peut prêter quelque attention aux données fournies par A. GIRARD et LINDET³⁹⁷ et dont nous faisons figurer quelques-unes dans le tableau 70. On voit par son examen, qu'à taux d'extraction égal, et surtout lorsque ce taux s'élève au-dessus de 70 %, la farine de meules contient moins de débris

Tableau 70

Quantité de débris, par gramme, de diverses farines

Taux d'extraction:	Mouture par cylindres			Mouture par meules		
	60 %	70 %	80 %	65-70 %	75 %	80 %
Débris inactifs	6300	13800	19100	11000	9900	8100
Débris actifs	4400	18500	25000	9000	9700	2100
	10700	32300	44100	20000	19600	29100

396. BOUVIER Emile (Ingénieur). Pain bis ou pain blanc. *Presse méd.*, 12 fév. 1927, pages 203-205.

397. A. GIRARD et LINDET *ibid.*, p. 332.

totaux et de débris actifs (cellules à diastases, etc...) que la farine obtenue par les cylindres. Cette conclusion, que LINDET se garde bien de tirer de ces chiffres, car elle se serait tournée à l'encontre de sa théorie, montre qu'au taux de 80 % la farine de meules est, à priori, plus aisément panifiable et produira un pain mieux levé et moins coloré, que si l'on utilisait une farine de cylindre de même taux. Nous n'attacherons cependant pas une valeur absolue à ces données.

L'action de la céréaline, ou plutôt des diastases de l'assise protéique et du germe, demande plus d'attention. Il est exact que les farines de coloration crème et bis-clair donnent un pain brun-doré; teinte non pas due aux piqûres, mais à la formation d'un pigment brun sous l'influence de ces diastases, au cours de la fermentation panaire.

De plus ce pain, outre qu'il est bis, plus ou moins foncé, ne lève pas autant que les pains blancs auxquels la boulangerie moderne nous a habitués. A l'inverse du pain blanc dans lequel les yeux sont le plus souvent inégaux, certains atteignant des volumes considérables, le pain bis présente une mie plus homogène, aux yeux réguliers et petits; la trame en est donc plus serrée, plus fine, mais lorsque la panification a été bien conduite, il n'a pas de mie compacte, dense, sans yeux ou presque, ce qui proviendrait plus d'une préparation défectueuse que de défauts inhérents aux seules farines bises de pur froment.

L'acidité des pâtes confectionnées avec les farines bises étant plus forte que dans le cas d'une pâte blanche, il y a activation des diastases qui manifestent alors leurs propriétés avec plus d'intensité. Cette acidité d'ailleurs, dans une préparation habile, ne se retrouve pas sensiblement apparente dans le pain définitif.

Les partisans des faibles taux d'extraction n'ont pas manqué d'insister sur ces phénomènes, n'hésitant souvent pas à en exagérer l'importance, pour faire penser que les pains obtenus à partir des farines bises n'étaient que pâtons infâmes, à la mie sans trou, d'une acidité et d'une aigreur repoussantes, et bons tout au plus pour le chien. C'est oublier et méconnaître le pain bis de nos campagnes françaises, assez rare aujourd'hui, mais que l'on pouvait déguster sans peine, il y a encore une vingtaine

d'années. Lorsque sa panification est bien conduite — et souvent ces artisans, ces cultivateurs, opérant selon des règles traditionnelles et des tours de main familiaux, et malgré des levains impurs et irréguliers, obtiennent des pains que des professionnels ne renieraient point — la miche, la boule, la tourte (selon la province) ont une texture satisfaisante, un parfum engageant et un goût savoureux.

Le commerce ne livre-t-il pas, aujourd'hui même, dans les grands centres urbains, des pains bis, plus ou moins complets, de qualités assez variables certes et de fabrication parfois suspecte, mais qui sont autant de preuves irréfutables que les farines de taux élevés sont parfaitement panifiables, et peuvent fournir un produit parfaitement consommable, à la sapidité bien supérieure à celle du pain blanc de fantaisie le mieux réussi.

Il n'est guère que le pain fait de farines mélangées de froment et de seigle dont la qualité soit moins satisfaisante; sa mie est compacte, malgré tous les efforts et l'art du boulanger. Mais il faut bien se garder de confondre ce pain avec celui de froment pur, qui seul nous intéresse dans cette étude, et à plus forte raison ne pas jeter la défaveur sur ce dernier en prenant prétexte des défauts du premier, puisqu'ils tiennent à l'absence de gluten dans le seigle.

Des remèdes ont été proposés, qui se sont montré très efficaces, appliqués à la panification des farines de taux d'extraction élevé (80-90 %), ils ont permis une levée, une tenue de la pâte et une présentation du pain, analogues à celles réalisées avec les farines très blanches.

Tels sont les procédés de MÈGE-MOURIÈS, de LAPICQUE et LEGENDRE, de LEROY, de DUBOIS, etc... Le premier ³⁹⁸, n'introduisant la farine des gruaux gris, dans la pâte préparée de farine première, qu'au moment de l'enfournement, obtenait un pain « presque aussi blanc que le pain de fantaisie, tout aussi savoureux et beaucoup plus nutritif que lui » reconnaissait A. GIRARD lui-même ³⁹⁸. Les autres neutralisent l'acidité de la pâte et entravent ainsi l'activité des diastases en procédant à un

³⁹⁸, MÈGE-MOURIÈS. Cité GARRIGUES 150, p. 221,

pétrissage soit à l'eau de chaux ordinaire ³⁹⁹, soit avec une solution de glucosates de chaux ⁴⁰⁰ ou de carbonate de chaux ⁴⁰¹.

Mais est-il vraiment nécessaire de rechercher de tels traitements ? GARRIGUES ¹⁵⁰ estime que le remède se peut trouver dans la température de l'eau qui sert à faire la pâte, dans la qualité et la quantité du levain, dans un pétrissage plus parfait, dans un four chauffé au degré qui convient, « et dans je ne sais quels autres moyens tels que les ouvriers habiles en ont su découvrir pour d'autres pains d'autres farines que celle de froment et dont la fabrication parfaite exige, elle aussi, d'être particulière. »

Voilà bien la vérité. A chaque sorte de pain blanc convient un mode de préparation plus ou moins spéciale; pourquoi persister alors à utiliser les méthodes en cours dans la panification des farines blanches pour travailler des farines à taux d'extraction élevés, qui en diffèrent sensiblement ? Il ne fait, pour nous, aucun doute, en ayant eu des preuves, que l'on pourrait avoir d'excellents pains si l'on s'attachait à étudier et à mettre au point une méthode de panification appropriée aux farines à hautes extractions.

Depuis quelques années seulement, des recherches sérieuses sont entreprises sur la fermentation panaire, sur la valeur boulangère des farines, en même temps que des génétistes s'appliquent à créer des variétés de blé répondant aux desiderata de la minoterie et de la boulangerie. A l'empirisme d'il y a trente ans succède progressivement une étude scientifique de tous ces phénomènes. Souhaitons que, conduites avec mesure et critique, et sans complètement faire abstraction des anciennes acquisitions de l'empirisme, ces recherches permettent d'améliorer le pain, dans le sens que propose l'hygiène alimentaire.

399. LAPICQUE et LEGENDRE, Amélioration du pain de guerre par neutralisation des ferments du son, *C. R. Ac. Sc.*, 27 août 1917, **165**: 136-139. Sur le pain à la chaux, *C. R. Soc. Biol.*, 8 déc. 1917, **80**: 896-897. CAPITAN, Présentation d'un produit alimentaire : le pain français, *Bull. Ac. Méd.*, 4 sept. 1917, (3), **78**: 164-165.

400. LE ROY G. A., Sur l'emploi des glucosates de chaux dans la panification, *C. R. Ac. Sc.*, 24 sept. 1917, **165**: 416.

401. DUBOIS Raphaël, Sur le pain de guerre (pain déchloruré-calciqne), *C. R. Soc. Biol.*, 10 av. 1917, **80**: 818-821,

Grâce aux récents appareils, Farinograph de BRABENDER, Comparator de BOUVIER, Extensimètre de CHOPIN, Fermento-mètre de DANGOUMAU, on peut suivre mécaniquement le travail de la pâte et pénétrer dans les phases de la fermentation panaire, ainsi qu'apprécier assez justement la valeur boulangère des farines. Ces appareils ont rendu déjà des services, souhaitons qu'ils servent à étudier cette autre panification qu'est le travail sur farines à hautes extractions, nul doute qu'on en tirera d'intéressantes indications.

Sans doute le pain ainsi obtenu sera plus ou moins teinté en bis, mais cette teinte doit-elle être considérée comme la marque d'une qualité inférieure ? Non, puisqu'il est avéré que le pain bis contient plus de principes alimentaires que celui ne possédant aucune coloration naturelle. *Il est donc tout à fait fâcheux de constater que des consommateurs, attachant plus de considération à la coloration de cet aliment qu'à ses vraies qualités, puissent laisser égarer leur jugement au point de croire qu'elle est le fait de l'utilisation de farines de mauvaise qualité. Il y a là une erreur capitale, qu'il faut détruire, car elle est à la base de la faveur dont le pain blanc jouit auprès du public.*

CHAPITRE VII

Le Pain

Expériences comparatives réalisées avec des pains à basses et à hautes extractions

Le pain jouant un grand rôle dans les régimes, il est important de connaître sa constitution, ses qualités, et de savoir ce qu'il peut fournir pour l'entretien de nos dépenses caloriques et énergétiques et pour la reconstitution de nos tissus.

Marcel LABBÉ.

Thérapeutique médicale, 2, 21.

Au début de ces pages, nous avons vu la place importante occupée dans notre alimentation par le pain, place qui faisait dire à Henri LABBÉ ³⁴⁹ : « L'ouvrier français, le plus grand mangeur de pain, a vécu pendant de longues années en faisant de cette denrée le fonds presque unique de sa nourriture. Depuis que les hauts salaires lui ont permis l'achat des denrées les plus coûteuses, et l'ont conduit à faire manifestement abus de la viande, sa santé ne s'est pas, en général, améliorée. » et le professeur Marcel LABBÉ ⁴⁰² n'écrivait-il pas, récemment encore, malgré la sous-consommation actuelle de cet aliment : « Le pain est pour les Français, et pour bien d'autres peuples, l'aliment fondamental. Depuis la plus haute antiquité, presque tous les

402. LABBÉ Marcel, *Thérapeutique médicale*, Paris, Masson, II. *Aliments médicamenteux*, 1930, p. 21.

peuples ont fait du pain, qui a représenté le fonds de leur alimentation; aujourd'hui encore le pain forme chez nous presque la moitié de la ration alimentaire. »

Une question se pose donc, puisque nous savons qu'à partir des farines variées, extraites par les diverses moutures et à des taux différents, on peut obtenir une grande variété de pains très différents les uns des autres, celle de savoir comment l'organisme humain les utilise.

Nous aborderons ce chapitre, consacré aux pains à diverses extractions, en rapportant quelques analyses et expériences qui en les caractérisant, les différencieront les uns des autres. Nous aurons à rappeler certaines notions déjà examinées dans les chapitres précédents ou à inviter le lecteur à s'y reporter, l'étude des qualités de ces pains étant nécessairement étroitement fonction de celles des farines qui ont servies à les confectionner.

QUELQUES ANALYSES DE PAINS

Nous venons de voir que l'hydratation d'un pain varie dans le même sens que sa richesse en produits périphériques du grain, comme l'a prouvé BALLAND, et que le pain de munition de l'Armée au taux de 85 % est plus riche en eau de 2 % que le pain blanc du commerce à 70 %.

Tout ce que nous avons dit des farines serait à répéter ici, étant donné que « la composition des pains à l'état sec est en rapport direct avec la composition au même état, des farines employées à leur fabrication. La matière azotée et la cellulose s'y retrouvent dans la même proportion; le poids des cendres est plus élevé en raison du sel ajouté. Les matières grasses, plus ou moins modifiées pendant le traitement que l'on fait subir au pain pour le cuire ou l'analyser, sont en moindre quantité. »

Nous nous bornerons à citer quelques analyses de pains recueillies dans divers auteurs. Mais il est nécessaire auparavant de bien faire remarquer combien elles sont imprécises pour la plupart. Il n'est guère d'aliment dont la composition puisse autant varier que le pain, et l'on éprouve de grandes difficultés à rapprocher des analyses pour lesquelles leurs auteurs n'indiquent

ni la composition du froment qui a servi de matière première, ni le mode de mouture, ni le taux d'extraction, ni les modalités de préparation ni même les mélanges de farines parfois, tous facteurs dont le retentissement est considérable sur la composition du pain terminal.

C'est ainsi que les valeurs fournies par ALQUIER dans le tableau 85, pour les seules analyses de pains ingérés montrent une belle incohérence: le pain complet a une hydratation qui serait plus faible que celle du pain bis et égale à celle du pain blanc; de même il serait plus pauvre en cendres que le pain bis. L'absence d'indication d'origine de tous ces pains rend un tel tableau inutilisable pratiquement.

Nous rapprochons dans le tableau 71 les proportions des éléments de « deux pains de froment de composition différente », composition déterminée par FLEURENT⁴⁰³. Ces deux pains provenant explicitement de deux farines, blanche (échantillon 1) et bise (échantillon 2), nous fournissent des valeurs comparées de même sens que celles de FAUVEL figurant au tableau 89.

Tableau 71

	Echant. 1 Composition par kilogr.	Echant. 2
Eau	325 gr.	385 gr.
Matières albuminoïdes	56	101,2
— grasses	7,6	9,0
— hydrocarbonées	607	499,8
— minérales	4,4	5,0

D'ailleurs KONIG avait dressé le tableau 72 rapporté par MUNK et EWALD¹. De tels chiffres sont tout à fait démonstratifs si l'on prend garde de remarquer que « la teneur plus grande

403. FLEURENT¹, *Le pain de froment*, p. 40.

Tableau 72

	Eau	Albumine	Graisse	Hydrates de carbone	Cellulose	Cendres
Pain blanc fin	35,6	7,1	0,2	55,5	0,3	1,1
Pain blanc moins fin .	40,5	6,2	0,4	51,1	0,6	1,2
Pain noir	42,3	6,1	0,4	49,2	0,5	1,5
Pumpernickel	43,4	7,7	1,5	45,1	0,9	1,4
Pain de munition [de l'armée prussienne]	36,7	7,5	0,5	49,4	1,5	1,5

du pain de froment fin en albumine et en hydrates de carbone est généralement due à ce qu'au lieu de se servir d'eau, la pâte a été délayée avec une certaine quantité de lait. »

Si BARRAL ⁴⁰⁴ avait cru démontrer que la croûte contenait plus de gluten que la mie, les analyses de BALLAND ⁴⁰⁴ ont montré que cette différence était insignifiante ou inexistante :

Mie sèche	11,44 % de matières azotées.
Croûte	11,61 % —

Un ingénieur, expert en minoterie, BOUVIER ³⁹⁶ a calculé « que de tous les aliments azotés le pain est celui qu'on peut se procurer au plus bas prix », le prix du gramme d'azote (apport net) revenant en effet pour les divers aliments usuels aux valeurs du tableau 73. On regrettera que cet auteur ne nous ait point in-

Tableau 73

Pain	0,19	Riz	0,60
Haricots	0,24	Viande	0,63
Lait	0,30	Pomme de terre	0,70
Pâte (Macaroni)	0,44	Œuf	1,20

diqué le taux d'extraction de la farine ayant pu servir à fabriquer un tel pain; remarquons toutefois que plus le taux d'extraction s'élèvera, plus la teneur en matières azotées sera importante, plus donc le prix de revient de l'azote s'abaissera.

404. Cité FENIS DE LACOMBE ³⁷, p. 44.

SELS MINÉRAUX DES DIVERS PAINS

Ayant envisagé précédemment la valeur de chacun des éléments azotés ainsi offerts à l'organisme, nous passerons tout de suite à l'examen des sels et surtout des phosphates et des sels de magnésium que le pain contient selon qu'il est blanc ou bis (étant bien spécifié une fois pour toutes que ces expressions désignent, à l'exclusion de toute autre chose, les pains préparés à partir de farines pur froment, soit à bas taux (50 à 75 %), soit à taux élevé d'extraction (80 à 95 %).

Certes, les farines à hautes extractions présentent à cet égard d'incomparables avantages sur les farines à basses extractions, et nous nous y sommes longuement étendu; mais il nous faut encore montrer que cette supériorité est identique pour le pain à haute extraction.

GALIPPE et BARRE⁴⁰⁵ ont réalisé les analyses du tableau 74 et récemment KAUFFMANN-COSLA, VASILCO et OERIU⁴²⁸, à l'oc-

Tableau 74

Pains faits de :	Eau	Cendres	CaO	P ² O ⁵	MgO
Boulangé pure	24,80	1,760	0,060	0,524	0,064
Farine blanche de bou-					
langer	22,57	1,500	0,042	0,231	0,038
Boulangé					
Farine a a	30,00	1,220	0,054	0,462	0,119
Farine de l'Assistance					
publique	35,00	0,750	0,048	0,270	0,054

casion d'une étude expérimentale du pain blanc, ont groupé les résultats de SCHALL H. et HEISLER et de BERG RAGNAR dans le tableau 75 qui montre nettement que les quantités de P, Ca, K, Mg et Fe qui se trouvent dans le pain blanc sont de beaucoup inférieures à celles qui font du pain complet un aliment véritablement reminéralisant.

405. GALIPPE et BARRE⁵³, *Le pain...*, 1: 158.

Tableau 75

(En mg. pour 100 gr.)	Pain blanc		Pain complet	
	SCHALL	R. BERG	SCHALL	R. BERG
Chlore	478	478	377	377
Phosphore (P^2O^5) ...	320	320	334	333
Calcium (CaO)	41	40	85	84,8
Kalium	152	151	227	227
Magnésium (MgO) ..	50	49	73	73
Fer (Fe^2O^3)	3	3	17	16,9

Pour la teneur en cuivre du pain nous avons les valeurs du tableau 76 trouvées par GALIPPE et BARRÉ ⁴⁰⁷. Ces mêmes

Tableau 76

(En mg. par gr.)	Moyenne	Maximum	Minimum
Pain de l'Assistance publique ..	0,0047	0,0055	0,0044
— munition	0,0048	0,0080	0,0036
— ville	0,0044		
— gruau	0,0042		
Pain anglais	traces		

auteurs ⁴⁰⁸ ayant analysé un pain de l'Assistance publique (moins blanc que le pain riche) et un pain de la Manutention militaire (pain de deuxième qualité) en comparent les sels dans le tableau 77.

Tableau 77

	A P.	M. M.
Chaux	0,39984	0,51968
Magnésie	0,42808	0,78840
Acide phosphorique du phosphate		
de fer	0,05488	0,17300
non compris celui ci-dessus	2,48176	3,98496
Total	2,53654	4,15796

407. GALIPPE et BARRÉ 53, *Le pain*, 2: 191-192.

408. GALIPPE et BARRÉ 53, *Le pain*, 1: 122.

PHOSPHATES

De même JOULIE⁴⁰² donne les pourcentages en acide phosphorique du tableau 78 pour divers pains, séchés à 100°; et BALLAND⁴⁰⁹ auquel on ne peut se passer de faire appel pour

Tableau 78

Pain de la rue de Meaux	0,287
— de fantaisie	0,301
— de gruau	0,324
— breakfast	0,338
— de seigle	0,413
— complet (Troussel)	0,913

toutes ces analyses, a trouvé, par kilogramme de pain à 35 % d'hydratation, pour teneur en phosphore, les chiffres du tableau 79. Toutes ces analyses nous permettent de constater que pour tous ces pains la richesse en phosphates suit une marche

Tableau 79

	P	P ₂ O ₅
Pain de munition, farine à 80 %	1,04	2,47
— — — 70 %	0,91	2,16
— des Hôpitaux civils de Paris	0,85	1,95
— des boulangeries civiles	0,53 à 0,78	1,23 à 1,82

parallèle au taux d'extraction, ce que nous avons déjà appris des farines.

On a vu également que la richesse en manganèse s'élève dans les farines, en même temps que le taux d'extraction. COURBE⁴¹⁰ estime que « le manganèse est le seul facteur permettant d'effectuer un rapprochement entre une farine étalonée et les pains qui résultent de sa panification ». Pour lui « les taux des cendres, des matières grasses et de la cellulose sont en effet profondément modifiés dans les pains par l'addition du sel,

409. BALLAND, Sur quantité de phosphore contenue dans les farines, *C. R. Ac. Sc.*, 1903, **136**: 332-333.

410. COURBE²⁶, p. 36.

de l'eau de pétrissage, par la cuisson et par le fleurage ». KONING et MORJ ⁴¹¹ ont assuré que la teneur en pentosanes était le meilleur moyen de déterminer dans quelles proportions entraient dans la confection d'un pain de la farine complète et de la farine fleur.

MAGNESIE

Pour terminer cet exposé de la teneur minérale des pains nous rapportons les récents travaux des professeurs DELBET, en France, et SCHRUMPF-PIERRON, en Egypte, qui s'efforcent de montrer le rôle d'une carence magnésienne, notamment dans le pain blanc actuel, dans la genèse et la fréquence du cancer.

Indépendamment de ce rôle, il est à remarquer que le magnésium est un élément équilibrant de première importance dans la nutrition de l'organisme humain. DANIELS et EVERSON ⁴¹² n'estimaient-ils pas récemment que les régimes des enfants d'âge préscolaire ne doivent pas renfermer moins de 13 mg. de magnésium par kilogramme de poids corporel. Or, ne l'oublions pas, seules les céréales (Cf. tabl. 30) comme le maïs et le blé sont capables de nous fournir un apport magnésien suffisant.

Nous emprunterons à DELBET ⁴¹³ l'exposé d'expériences réalisées par PASSEY, au Danemark. En 1933, avec LEESE et KNOX ⁴¹⁴, il cherche à produire des cancers en nourrissant des rats avec des blattes (*P. americana*) infestées par le *gougylonema neoplasticum*, méthode préconisée par FIBIGER (1913), qui ainsi avait obtenu des cancers de l'estomac antérieur dans la proportion de 53 %. « Contrairement à notre attente, écrit PASSEY, nous n'avons pu obtenir une seule tumeur bénigne ou maligne et nous avons été incapable de découvrir quelque degré marqué d'hyperplasie ».

411. KONING C. J. et MORJ W. C., Bijdrage tot het ouderzoek van brood, *Chem. Weekblad*, 1914, **11**: 1064-1066. Cité BAILEY 60 p. 153.

412. DANIELS A. L. et EVERSON G. J., A Study of the Magnesium Needs of Preschool Children, *J. Nut.*, avril 1936, **11**: 327-341.

413. DELBET Pierre, Sur la nocivité du pain blanc, *Bull. Ac. Méd.*, 11 fév. 1936, **115**: 267-271.

414. PASSEY a publié ses expériences en 1934 et 1935 dans le rapport du département de patho. expér. et de rech. sur le cancer de l'Univ. de Leeds. Il les a résumées à la Pathological Soc. of Great Britain and Ireland.

En 1918, FIBIGER ayant fait remarquer que « pendant toute la durée des expériences ses animaux avaient été nourris exclusivement avec des pains blancs, PASSEY reprit ses recherches en soumettant les rats infestés par le *gougylonema* à cette alimentation exclusive. Il a fait en outre une série de contrôle-rats nourris au pain blanc, sans infestation. »

Voici alors quels sont les résultats: « L'aspect obtenu était entièrement différent... Les estomacs présentaient des aires d'intense hyperplasie et de kératinisation marquée avec de petits papillomes bien définis. Nous avons obtenu fréquemment l'invasion de la *muscularis mucosae*... Les rats de contrôle nourris exclusivement au pain blanc, sans infestation par le parasite, n'avaient à la même époque aucune autre anomalie qu'un banal épaississement de l'épithélium squameux. »

Ayant fait analyser un échantillon du pain qui servit à PASSEY pour ses expériences, DELBET « a trouvé seulement 0,171 % de magnésium. Mis à part un pain de luxe, brioché, que j'avais fait venir de Londres, et qui en renfermait un peu moins (0,148 %), c'est le pain le plus pauvre en magnésium que j'ai rencontré: d'après RANDOIN et SIMONNET, le pain blanc ordinaire contient 0,230 % de magnésium, et le pain complet environ 0,500 %. »

Cependant PASSEY pensant que le pain blanc qu'il utilisait devait sa nocivité à une insuffisance en vitamine A, met alors ses rats « à un régime synthétique adéquat sous tous rapports sauf qu'il manquait de vitamine A ». D'autres rats sont nourris exclusivement au pain blanc. Dans les deux groupes certains animaux sont infestés par le *gougylonema*.

En conclusion de ses nouvelles expériences, PASSEY affirme que « les mêmes modifications épithéliales résultent d'une alimentation insuffisante en vitamine A et d'une alimentation au pain blanc, mais les changements sont plus marqués si les animaux sont infestés par le *gougylonema*. C'est donc par un mécanisme de carence que ces alimentations incomplètes sont nocives ».

A nouveau DELBET ⁴¹⁵ procède à une analyse d'un échantillon de la pâtée utilisée par PASSEY. « Elle contient seulement 0,0732 % de magnésium, c'est-à-dire 2,3 fois moins que le pain utilisé dans les expériences du même PASSEY ». Et plutôt qu'à une carence en vitamine A, facteur de dérèglement épithélial qui reste possible, DELBET pense à une carence magnésienne.

Pour nous sans prendre parti entre ces deux hypothèses, retenons de tout ceci que non seulement le pain blanc est dépourvu de vitamine A (ce que peuvent compenser d'autres aliments), mais encore qu'il est particulièrement pauvre en sels de magnésium, déféctuosité plus difficilement corrigible et qui a pour effet de redoutables carences.

SCHRUMPF-PIERRON ¹²⁴, dont nous avons signalé les études sur le rapport $MgO/K^2O + CaO$ des divers aliments, conclut dans le même sens et de manière plus formelle encore: « Si, par la consommation d'un pain riche en magnésie, l'homme absorbe une quantité suffisante de minéraux bien équilibrés, il compense en bonne partie les défauts de minéralisation éventuels du reste de la nourriture. On peut donc déclarer que le problème du cancer et probablement d'autres maladies encore (ulcères gastriques, calculs biliaires) est principalement celui des céréales, c'est-à-dire du pain. »

VITAMINES

Tels étaient les seuls éléments (substances azotées, minérales, etc...) sur lesquels les auteurs, jusqu'à il y a quinze à vingt ans, se basaient pour estimer la supériorité des pains à hautes extractions sur le pain blanc, *à ne considérer que leurs seules analyses*. Depuis que les vitamines sont connues, décelées et dosées, tous les auteurs, pourrait-on dire, se sont mis d'accord sur ce nouveau terrain, pour reconnaître la richesse des pains à hautes extractions et la pauvreté (ou même l'absence totale) du pain blanc en ces éléments intéressants; ceci ne nous surprend pas, après

415. DELBET Pierre. Sur la nocivité du pain blanc, *Bull. Ac. Méd.* 2 mars 1936, 115: 376-377.

ce que nous avons vu de la teneur en vitamines des farines à divers taux d'extraction.

Bien que l'évaluation de la richesse en vitamines d'un aliment ne puisse guère, en l'état actuel de nos moyens de recherches, se faire autrement que par test sur l'animal, nous examinerons tout de suite les expériences conduites à ce sujet, et notamment celles de CRAMER et MOTTRAM ¹⁹².

Ces auteurs se sont appliqués à évaluer la teneur en vitamines B de pains confectionnés à partir de divers produits de mouture. Le complexe vitaminique B réunissant les principales vitamines contenues dans le pain, on jugera de l'importance des différences de teneurs observées par les résultats qu'ils ont publiés dans le tableau 80. De plus, ils font remarquer que la coloration d'un pain ne saurait permettre d'en évaluer la teneur

Tableau 80

Teneur en vitamine B de diverses sortes de pains

	Pain blanc		Pain complet		Pain H. au germe de blé	
	Compo- sition %	Riches- se en vit	Compo- sition %	Riches- se en vit.	Compo- sition %	Riches- se en vit.
Farine blanche	98	0	70	0	74	0
Produits intermédiaires						
(middlings)	—	—	15	750	—	—
Son	—	—	12	400	—	—
Germes	—	—	1	100	24	2400
Levure	2	200	2	200	2	200
Teneur en vitamine B de	—		—		—	
100 gr. de pain sec ..		200		1450		2600

en vitamine B. « Il semblait intéressant, disent-ils, de comparer la teneur en vitamine B de diverses sortes de « pains bis » vendus sous différents noms. Leurs procédés de fabrication nous étaient inconnus. Ces « pains bis » furent trouvés très différents. Quelques-uns d'entre eux étaient presque aussi riches en vitamine B que le pain complet. Un type spécial de « pain bis » fut trouvé pauvre en vitamine B »,

Faisant remarquer qu'actuellement dans les classes ouvrières, le beurre est remplacé par la margarine, ils estiment que « l'absence de vitamine B dans le pain blanc doit être considérée comme une grave défectuosité diététique ». Leurs conclusions méritent encore d'être rapportées: « Le blé, comme beaucoup de céréales, est riche en vitamines B, de sorte que jadis le pain fait de farines de meules constituait sans doute un notable apport de vitamine B dans la ration humaine jusqu'au moment de l'introduction de la mouture par cylindres, il y a encore quarante ans. L'introduction de cylindres et l'usage presque exclusif dans notre pays de la farine fleur pour la boulangerie ont complètement modifié cette situation. »

LA QUERELLE DU PAIN BLANC ET DU PAIN BIS

Nous avons vu que de tous temps la question a été débattue de savoir quelles étaient les parties du grain de froment qui devaient être recueillies pour constituer la farine panifiable. FLEURENT ⁴¹⁶ lui-même, adversaire déclaré, comme A. GIRARD, des farines à hautes extractions, reconnaît que: « Tout au long du XIX^e siècle, si des savants ont soutenu que seule l'amande farineuse du froment devait servir à l'alimentation économique de l'homme qui travaille, d'autres, *et plus nombreux* [c'est nous qui soulignons], ont périodiquement soutenu que le germe, le son pour partie ou en totalité, devaient être incorporés à la farine destinée à faire le pain. »

Cette discussion, née pratiquement à l'apparition des cylindres, s'est perpétuée pendant près de 70 ans, chaque partie versant aux débats des arguments qui ont peu modifié jusqu'à présent les pratiques industrielles et l'usage courant du pain blanc. Comme CRAMER et MOTTRAM ¹⁹² le remarquent, cette « discussion sur pain blanc et pain bis a autant péché par l'enthousiasme sans critique des partisans du pain bis que par les raisonnements fautifs des défenseurs du pain blanc. »

Nous aurons l'occasion de réfuter certaines de ces erreurs. C'est ainsi qu'avant d'aborder le problème scientifiquement ou

416. FLEURENT 7, *Le pain de froment*, p. 29.

bien après avoir tenté de le résoudre, sans que leur démonstration se soit avérée assez probante, à leurs propres yeux, des auteurs ont voulu se baser sur ce que l'usage du pain blanc était devenu courant, et exclusif pourrait-on dire, pour y voir la justification et preuve de sa supériorité sur les variétés plus colorées (bises ou complètes). FLEURENT remarquant que « la recherche de la farine de plus en plus blanche est une préoccupation qu'on retrouve à toutes les époques de l'histoire de l'homme »⁴¹⁷, estime se trouver là en présence d'un « acte instinctif de la sagesse humaine »⁴¹⁸ !

Ce même auteur⁴¹⁹ nous rapporte l'opinion d'agronomes anglais, LAWES et GILBERT, qui ne trouvent à opposer à l'argument faisant valoir la richesse en sels, graisses et substances azotées des farines bises, qu'une réplique telle que celle-ci : « C'est aussi un fait bien connu que, chez les gens pauvres ou chez les gens qui accomplissent des travaux pénibles, on préfère le pain plus blanc, car on apprécie immédiatement une différence de valeur nutritive ».

C'est là un argument fallacieux auquel nous ne saurions mieux répondre qu'en reprenant cette boutade de LIACRE⁴²⁰ : « Qu'on ne nous cite donc plus l'opinion publique, car il faudrait décider que les apéritifs sont d'excellentes drogues, puisque le public les aime, qu'il est hygiénique de cracher à terre, puisque cela se fait, etc... ».

Mc CANCE et LAWRENCE, dans un rapport sur la « Teneur en hydrates de carbone des aliments » présenté au Medical Research Council de 1929, à cet argument que le pain blanc, par sa carence en vitamine B, est cause de troubles digestifs, répondent : « Si la carence en vitamines du pain blanc était la cause de tant de constipations et si les vitamines du pain complet en étaient le traitement spécifique, alors cela n'aurait sûrement pas manqué d'attirer l'attention des médecins et du public ».

417. FLEURENT 7, *Le pain de froment*, p. 7 (préface).

418. FLEURENT 7, *Le pain de froment*, p. 30.

419. FLEURENT 7, *Le pain de froment*, p. 142.

420. LIACRE 314, p. 475.

L'auteur, anonyme, d'un éditorial du *British Medical Journal* ⁴²¹ qui relate ce fait ne manque pas, avec bon sens, de remarquer que « cet argument qu'une idée nouvelle ne peut être exacte car si elle était vraie quelqu'un l'aurait trouvée depuis longtemps, a été opposé à toute idée nouvelle depuis le début de l'histoire et nous avons quelque surprise à le trouver dans une publication scientifique consciencieuse. »

ASSIMILATION DE DIVERS PAINS PAR LES ANIMAUX

Nous jugeons plus profitable que de discuter de tels errements, d'examiner, après les nombreuses données analytiques qui viennent d'être fournies, un certain nombre d'expériences réalisées en administrant à des animaux les différentes variétés de pains sur lesquelles nous devons nous prononcer; après quoi seulement nous passerons aux essais sur l'homme lui-même. Nous avons déjà rapporté de telles expériences faites à l'aide de farines à divers taux d'extraction; celles qui ont porté sur les pains ont donné des résultats en tous points analogues.

La voie ouverte par MAGENDIE allait se révéler riche en découvertes et ne devait d'ailleurs que confirmer les résultats de son essai.

BOUTROUX ⁴²² alimentant deux lots de souris, l'un au pain de farine de meules, l'autre au pain de farine de cylindres, toutes deux extraites au même taux de 80 %, constate que la consommation du « pain de meules » est plus forte et que le gain en poids est moindre pour le lot nourri au « pain de cylindres », ainsi que le montre le tableau 81. En utilisant seulement les chiffres de la première expérience, aux résultats plus nets, les souris n'étant pas encore lassées du régime, il voit que le pain de farine de meules procure aux souris A ou B une augmentation de poids de 2,5 % du pain consommé alors que cette augmentation avec le pain de farine de cylindres n'est que de 1,1 %.

421. *Brit. Med. J.*, 1929, **27**: 156-157.

422. BOUTROUX ²⁴, *Pain et panification*, pp. 67-69.

Tableau 81

	Première Pain consommé	expérience Variations pondérales	Deuxième Pain consommé	expérience Variations pondérales
Lot A. Pain de meules	32,4	0,81	26,8	0,07
Lot B. Pain de cy- lindres	26,1	0,07	26,0	0,06
Lot A. Pain de cy- lindres	29,7	0,32	28,6	0,07
Lot B. Pain de meules	33,4	0,84	31,7	0,40

En 1911, HILL et FLACK ⁴²³ administrent à des rats des farines ou des pains, avec de l'eau, comme seule alimentation. Ceux de ces animaux nourris au pain « standard » se portent mieux que ceux mis au pain blanc. Avec la farine complète, les rats « peuvent grandir, se maintenir en très bon état et se reproduire ». Bien que HARTWELL ⁴²⁵ critique à juste titre cette alimentation comme étant dépourvue de graisses, de vitamine A et de sels minéraux, il n'en reste pas moins exact que, donnés comme nourriture exclusive à des rats, les pains à haute extraction assurent mieux la vie que le pain blanc.

La même année, EDIE et SIMPSON ⁴²⁴, utilisant des pigeons, trouvent également que le pain « standard » est de beaucoup supérieur au pain blanc, pour les adultes comme pour les jeunes. Beaucoup de pigeons nourris au pain blanc meurent et présentent des névrites périphériques, curables par addition de levure à leur ration.

Dans une étude, sur la teneur en vitamine B du pain blanc, HARTWELL ⁴²⁵ a expérimenté, incorporés à un régime de beurre, de sels et d'eau, un pain de boulangerie et un pain de ménage, fait soit avec de la levure soit avec de la poudre chimique. Les rats souffrent également de ce régime dans les trois cas.

En ne leur fournissant que du pain de boulangerie et de l'eau (mâles seulement; durée d'expérience: 21 et 27 jours),

423. HILL et FLACK, *Brit. Med. J.* 1911, pages 1068 et 1310.

424. EDIE et SIMPSON, *Brit. Med. J.*, 1911, page 1151.

425. HARTWELL G. A., Vitamin B content of white bread, *Biochem J.*, 1924, 18: 120-126,

l'accroissement pondéral se manifestant, bien que moindre, fait penser à l'auteur que « il y a suffisamment de vitamine B dans le pain blanc pour assurer les besoins du rat en vitamine B ». En ajoutant du beurre, un mélange salin et un extrait de germe de blé, HARTWELL n'aurait trouvé qu'une très minime amélioration, ce qui nous surprend ⁴²⁶ !

Des extraits aqueux de farine blanche et de farine complète sont également essayés, qui ont décelé une plus forte teneur en vitamine B de cette dernière, donnée qui est classique.

CRAMER et MOTTRAM ¹⁹² ont critiqué ces expériences « où dès le début, il est fourni du pain blanc aux rats et où la température ne leur est pas prise », alors que pour eux le meilleur critère d'avitaminose B est la chute de cette température.

« Puisque, disent-ils, selon HARTWELL, l'addition de levure donne au pain blanc la teneur relativement élevée en vitamine B qu'elle lui assure posséder d'après ses expériences, le pain fait à la levure artificielle devrait être pauvre en cette vitamine. Mais les rats mis à ce pain et du beurre montrent une croissance satisfaisante, qui est seulement moindre que celle des rats alimentés au pain de boulanger, à la levure et au beurre. Aucune explication de ce résultat n'est fournie. Il est évident, d'après ses propres expériences, que, dans le régime d'HARTWELL, la principale source de vitamine capable de faire croître les rats était le beurre et non les différentes sortes de pain blanc essayées par elle. »

Et ces auteurs ajoutent: « Il est regrettable que, se basant sur ces expériences fautives, le professeur V. H. MOTTRAM, dans les laboratoires duquel ces expériences étaient conduites, ait proclamé publiquement (in popular writings) cette erreur que le pain blanc contient une quantité abondante de vitamine B et n'est pas de beaucoup inférieur, sous ce rapport, au pain complet

426. Dans une étude ultérieure, HARTWELL ⁴²⁷ a tenté de comparer l'utilisation de deux pains, blanc et bis, par le rat, en période de croissance, de grossesse et de lactation. Les résultats de ces nouvelles expériences sont plutôt favorables au pain bis, mais les conclusions de l'auteur sont réticentes et peu nettes.

427. HARTWELL G. A., An experimental study of brown and white bread in the diet of the rat, *Biochem. J.*, 1924, **18**: 1323-1326,

ou au pain au germe de blé et que, comme résultat de cette propagande, cette erreur ait été largement acceptée. »

En France KAUFFMANN-COSLA, VASILCO et OERIU ⁴²⁸ ont étudié, à l'aide de l'excrétion urinaire, l'entretien de chiens recevant soit du pain blanc, soit du pain bis. Nous reproduirons leurs conclusions: « En résumé, ...pour le chien, le pain blanc est un aliment incomplet pour composer à lui seul la ration d'entretien. En complétant la ration journalière avec du sel Osborne, l'oxydation cellulaire redevient normale, la ration d'entretien est satisfaite. Sans le phosphore et l'iode, le sel d'Osborne reste sans influence sur le métabolisme général », donc: « le pain blanc contient suffisamment d'ions de phosphore et d'iode pour une ration d'entretien » [!]. Il contiendrait également suffisamment d'ions de calcium, de chlore et de soude. « Sans les sels de magnésium, de potasse et de fer, le sel d'Osborne ne peut pas empêcher les troubles de l'oxydation cellulaire; l'assimilation est incomplète », donc: « le pain blanc contient des ions de magnésium, de potasse et de fer en quantités insuffisantes pour une ration journalière d'entretien. » Par contre « le pain complet, par les ions qu'il contient suffit à lui seul comme ration journalière d'entretien. »

Pour eux « les animaux nourris avec une ration composée exclusivement de pain blanc acquièrent une avitaminose. Selon M. LABBÉ, il s'agit d'une avitaminose C ».

Outre les critiques que l'on peut adresser à la méthode utilisée, qui consiste à se baser sur le seul examen de l'excrétion urinaire pour estimer de quelle manière une ration couvre les besoins d'entretien, on peut s'étonner de certains des résultats obtenus (iode du pain blanc !)

On peut objecter que ces régimes exclusifs s'éloignent des conditions alimentaires humaines et sont par conséquent de peu de valeur pour l'homme en régime varié. Aussi HARTWELL et

428. KAUFFMANN-COSLA O. et VASILCO O., Etudes expérimentales sur le rôle du pain blanc dans l'alimentation, *Arch. Mal. App. Dig.*, mars 1933, **22**: 261-272. KAUFFMANN-COSLA O., VASILCO O. et OERIU S., même titre, *Ibid.*, juin 1934, **24**: 625-640.

MOTTRAM ⁴²⁹ ont-ils administré à deux lots de 12 rats (6 ♂ et 6 ♀) une alimentation variée, analogue à celle des travailleurs agricoles de l'Essex; l'un des lots recevant du pain blanc et l'autre du pain complet.

Ils constatent une légère supériorité du poids des animaux nourris au pain complet; mais les courbes pondérales des deux lots sont bien au-dessous de celle des autres animaux du laboratoire, recevant leur nourriture habituelle. Ainsi, dans ce cas également, le pain bis se montre légèrement supérieur au pain blanc, mais l'infériorité de ces régimes, propres à l'homme et non adaptés à l'animal en expérience, s'oppose à la déduction de conclusions valables.

Nous avons réservé pour la fin de ce chapitre d'autres expériences, beaucoup plus intéressantes que toutes les précédentes, parce que conduites avec rigueur, ordonnées avec intelligence et esprit critique. N'eut été la nécessité de relever certaines erreurs dans les expériences que nous venons de rapporter, nous aurions pu les passer sous silence et réduire ce chapitre aux seules expériences que voici; elles seules en effet répondent parfaitement à l'objet de ce chapitre. Ce sont les expériences réalisées par Mc CARRISON ⁴³⁰ qui a étudié, sur la croissance du rat, l'action de l'adjonction de différents aliments à un régime de base constitué, soit de farine blanche, soit de farine complète, puis, dans une seconde série d'expériences, soit de pain blanc, soit de pain complet.

Sans entrer dans les détails particuliers de ces expériences ⁴³¹, nous ferons figurer ici les tableaux 82 et 83. De l'examen du tableau 82 qui condense les résultats de la première série d'expériences, portant sur les farines, Mc CARRISON conclut :

429. HARTWELL G. A. et MOTTRAM V. H., The Brown versus White Bread Controversy, *Lancet*, 26 oct. 1929, p. 892.

430. Mac CARRISON R., white and Brown Bread, *Brit. Med. J.*, 16 nov. 1929, 2: 913-914.

431. Il a fait connaître ces détails ultérieurement : Mac CARRISON R., Whole wheat bread and white bread : a comparative study, *Ind. J. Med. Res.*, janvier 1930, 17: 667-691.

Tableau 82

Suppléments au régime :	Augmentation moyenne de poids %, des rats nourris de farine	
	blanche	complète (atta)
I. Rien	10,6	65,0
II. Beurre (1,25 gr. par rat et par jour) ...	26,3	97,1
III. Levure sèche (5 %)	107,9	121,8
IV. Beurre et levure sèche	116,3	177,7
V. Tomates et plantes vertes (ad libitum) .	41,3	68,1
VI. Tomates, plantes vertes et beurre	35,3	85,8
VII. Résidu de viande (ad libitum)	17,5	67,2
VIII. Lait complet (ad libitum)	209,6	220,4
— — (1 cm ³)	32,2	81,6
— — (2 cm ³)	49,4	99,9
— — (5 cm ³)	119,5	143,1
— — (10 cm ³)	148,1	177,2
IX. Lait complet (ad libitum) et levure de bière sèche	244,6	242,1

a) La farine complète (ne comprenant pas les parties les plus grossières du son et nommée à Calcutta: *atta*) est supérieure à la farine blanche, comme aliment de base du régime.

b) Il semble exister quelque chose dans la farine entière qui facilite l'utilisation des graisses; cet élément ne se trouve pas dans la farine blanche. C'est probablement la vitamine B, agissant conjointement avec la vitamine A.

c) L'adjonction de tomates, de légumes verts, de protéines (10 %), de lait complet aux régimes avec farine blanche et farine complète augmente leur valeur nutritive, mais ne modifie pas leur valeur respective.

d) Lorsque le lait complet est fourni ad libitum aux jeunes rats en même temps que 5 % de levure sèche, il importe peu que la base du régime soit constituée de farine blanche ou de farine complète; mais alors l'aliment principal devient le lait. Même lorsque le lait est fourni en grandes quantités (10 cm³ par rat et par jour) la farine complète garde sa supériorité.

Mc CARRISON a résumé dans le tableau 83 les résultats de la seconde série d'expériences (ayant également duré 54 jours). Le pain blanc (fait de farine blanche de blé hindou avec 2 % de levure) était acquis chez un boulanger local. L'autre pain était un pain non fermenté, ou plutôt un gâteau non levé, fait de farine complète (les plus grossiers fragments de son étant toutefois éliminés) et dénommé *chapatti* aux Indes.

Tableau 83

	Augmentation ou diminution moyenne de poids pour cent :	
	Pain blanc	Pain de farine complète (<i>chapatti</i>)
I. Rien	21,2	53,7
II. Margarine végétale (Cocogem), 1,25 gr. .	2,4	12,7
III. Beurre (1,25 gr.)	15,4	51,7
IV. Tomates et verdure (ad libitum)	56,3	68,1
V. Tomates, verdure et margarine	47,2	94,5
VI. Tomates, verdure et beurre	51,7	97,3
VII. Résidu de viande (10 %)	39,1	66,9
VIII. Lait complet (2,5 cm ³)	71,2	80,5
IX. Lait complet (2,5 cm ³) et margarine végétale (1,25 gr.)	49,2	101,1
X. Tomates, verdure et lait (2 cm ³)	92,9	139,6

De ce second tableau, il conclut :

a) Le pain blanc (avec 2 % de levure) a une valeur alimentaire inférieure à celle du pain non fermenté (*chapatti*) fait de farine complète.

b) La supériorité du pain complet (*chapatti*) sur le pain blanc, comme principal aliment du régime, se maintient même lorsque le régime est additionné de légumes verts frais en abondance et de 2 cm³ de lait complet.

c) Lorsque les graisses constituent une bonne partie de la ration, leur utilisation nécessite un apport abondant de vitamine B, ainsi que de vitamine A. Un régime à base de pain blanc

ne fournit point ces facteurs en quantités suffisantes, même lorsqu'il est additionné d'une quantité modérée de lait complet et de légumes frais en abondance; par contre, un régime analogue, dont le pain complet forme la base, fournit ces vitamines en quantités suffisantes.

« Ces résultats ne permettent point de mettre en doute que le pain complet de froment, non fermenté (*chapatti*) est de beaucoup supérieur au pain blanc, *comme aliment de base dans le régime.* »

D'ailleurs Mc CARRISON ⁴³⁰ ne manque pas de remarquer que « Le pain non fermenté, fait de farine complète de blé (*chapatti*), avec du lait, des produits laitiers, des légumes et des fruits, constitue le régime de certaines races du Nord de l'Inde, qui, autant que l'on puisse considérer l'activité physique, sont parmi les plus belles de l'Humanité. Leurs enfants, invariablement allaités au sein dans l'enfance, ne connaissent pas d'autre pain que le *chapatti* de blé complet, qu'ils commencent à consommer dès l'âge de deux ans et demi. Il ne semble exercer aucune action irritante sur leur tractus digestif. Si, comme l'estiment Mc CANCE et LAWRENCE « le pain bis est bien trop irritant » pour les tubes digestifs de quelques enfants anglais, ne se pourrait-il pas que leur intestin en soit la cause, plutôt que le blé complet ? »

ASSIMILATION DES DIVERSES SORTES DE PAIN PAR L'ORGANISME HUMAIN

Dans les chapitres précédents nous avons envisagé quels éléments étaient fournis à la ration alimentaire par les diverses farines et pains et au début de celui-ci nous avons vu de quelle manière ces farines et pains étaient utilisés par les animaux. Plus encore que ces essais d'assimilation sur l'animal, plus encore que la qualité et la quantité des éléments ingérés, il importe d'examiner ce qui en est assimilé par l'homme. Comme le déclare GARRIGUES ¹⁵⁰ « l'intérêt n'est point dans la quantité de ce que l'on mange; il est dans la valeur de ce qu'on assimile ».

REMARQUES PRELIMINAIRES

La valeur nutritive du pain est facteur d'un grand nombre de variables: teneur en protides, en glucides, en sels minéraux, et qualité de ces éléments, teneur en eau, digestibilité, etc... Ayant procédé antérieurement à l'examen des premiers de ces facteurs il ne nous reste qu'à envisager maintenant la digestibilité du pain.

Avant de relater les différentes expériences réalisées sur l'homme, ne manquons pas de remarquer avec LEGENDRE ⁴³² que « les expériences de nutrition ont été trop souvent faites en dépit de toutes les saines données physiologiques. Pour juger de la valeur alimentaire d'un pain, on s'est trop souvent contenté d'une expérience de très peu de jours, quand même on ne passait pas brusquement d'un régime alimentaire ordinaire et varié à un régime de pain exclusif ou presque », observation qui s'applique aussi bien aux expériences vues précédemment, qu'à celles que nous allons voir.

C'est en se basant sur de tels régimes, presque exclusifs de pain, que certains auteurs ont voulu prouver que le pain blanc était mieux utilisé que les pains à hautes extractions. « Cette condition « pris exclusivement » a une grande importance », comme le rappelle FENIS DE LACOMBE ⁴³³, « car les expériences ont montré que la proportion d'un aliment qui se résorbe n'est pas la même lorsque cet aliment a été pris en médiocre quantité et comme partie intégrante d'un régime complexe ou lorsqu'il a été pris seul, à l'exclusion de tout autre. Dans le second cas, en effet, l'assimilation est toujours plus incomplète ». On comprend donc l'importance d'expériences telles que celles conduites par Mc CARRISON qui, restant conformes aux conditions physiologiques, ont seules des résultats que l'on peut prendre en considération.

Il ne faut point oublier également que la composition d'une farine varie, même pour un taux d'extraction fixe, selon le dia-

432. LEGENDRE R., La question du pain, le pain français, *Presse méd.*, 11 oct. 1917, p. 589-591.

433. FENIS DE LACOMBE 37, p. 68-69.

gramme de mouture, selon l'outillage du moulin, selon la variété de blé travaillée et les conditions climatiques sous lesquelles il a poussé, etc... La forme même donnée au pain intervient dans la proportion de l'azote assimilée: « La meilleure utilisation est obtenue en consommant des pains de petites dimensions. KESTNER ⁴³⁴ indique qu'en passant de pains ronds de petites dimensions aux grands pains, l'azote non digérée augmente dans la proportion de 8 à 13 ».

Donc, plus encore que dans le cas d'analyses chimiques de blés ou de pains, les conclusions de telles expériences cliniques sont particulières aux cas relatés. Les conditions-mêmes de cette expérimentation clinique, par la complexité et l'interdépendance des phénomènes digestifs, par l'importance du facteur individuel, par la nécessité de rester dans les habitudes alimentaires du sujet, par la délicatesse et la longueur des analyses chimiques à faire subir aux ingesta comme aux excréta, expliquent qu'un nombre très restreint d'expérimentateurs ait conduit leurs recherches avec la rigueur que l'on désirerait.

Si nous faisons cependant figurer ici leurs résultats, ainsi que ceux d'autres expériences qui s'éloignent encore davantage de ces normes expérimentales, c'est que, soit par la nécessité de les critiquer, soit par quelque contribution partielle utile, tous ces résultats nous ont paru mériter d'être incorporés à notre étude.

Pour finir ces préliminaires, disons que l'expérimentation comparée sur l'homme de divers pains — du pain blanc et des pains à hautes extractions — pour fournir des conclusions de valeur parfaite, devraient se poursuivre, soutenues d'examens cliniques, de statistiques, d'analyses chimiques et biologiques, durant plusieurs générations, sur des lots importants d'individus des deux sexes; ce qui pratiquement est impossible à réaliser, sous cette forme scientifique rigoureuse.

Mais le médecin, l'hygiéniste, le diététicien, s'ils ont le droit d'exiger des expériences logiques et physiologiques, n'en de-

434. Cité BOUVIER ³⁹⁶, p. 204.

mandent pas autant pour pouvoir fonder un jugement raisonnable, médicalement exact et valable. Il sera possible de porter un tel jugement après étude des expériences cliniques que nous allons maintenant exposer, venant après l'ensemble de faits que nous avons déjà réuni.

L'étude de la traversée du tube digestif peut offrir à considérer trois étapes essentielles: la cavité buccale, l'estomac et enfin l'intestin, où a lieu l'assimilation. L'examen des fécès rapproché de celui de la ration ingérée peut fournir l'indication des produits assimilés.

A. — PASSAGE DANS LA CAVITE BUCCALE

Le pain, dans la bouche, se trouve soumis à la mastication et à l'insalivation. Ces actes de la digestion se manifestent simultanément et sont de grande importance, si l'on prend garde que la ptyaline salivaire commence la digestion, en transformant l'amidon.

La sapidité du pain mérite d'être mentionnée ici. On connaît, scientifiquement depuis PAWLOW, le rôle capital que les réflexes conditionnels jouent dans la nutrition et principalement la sapidité de nos aliments. La sécrétion salivaire est en effet conditionnée, qualitativement et quantitativement, par l'odeur et le goût des aliments introduits dans la cavité buccale.

Si certains auteurs, comme CRAMER et MOTTRAM¹⁹² estiment que « beaucoup de monde préfère le pain blanc au pain bis en raison du goût », nous pouvons nous étonner d'une telle préférence. Nous avons déjà rapporté à cet égard les sentiments de BONNARD-LURÇAT (page 67), de BALLAND (page 232), d'Aimé GIRARD même (page 108), qui trouvent que les farines blanches sont plates, insipides et en rien comparables aux farines de meules ou à celle de taux d'extraction élevé. Pour nous, et nous ne manquerons pas d'être d'accord avec bon nombre de personnes, nous apprécions vivement « ce goût de fruit que le broiement, la fermentation et la cuisson développent, ce qui

donne au pain une saveur de noisette » ainsi que l'estimait PARMENTIER ⁴³⁵.

Or il n'existe plus aucune saveur de cette sorte dans le pain blanc fait de farines de cylindres trop blutées, en raison de l'élimination des germes; la sapidité médiocre de ce pain est due seulement à la caramélisation de certains sucres au niveau de sa croûte.

Pour nous, il ne fait aucun doute que cette différence de saveur n'ait une importance et son rôle serait à considérer et à étudier, car nous n'avons nulle part vu ce fait relevé.

Ayant rappelé que « la digestion des aliments est due à leur pénétration par les liquides sécrétés » par nos glandes digestives, et que, par conséquent, « la première qualité que doit présenter un aliment est donc de se laisser facilement pénétrer par les liquides qui doivent agir sur ses constituants », FLEURENT ⁴³⁶ a voulu comparer de quelles manières se comportaient un pain blanc et un pain bis.

Ayant découpé dans chacun de ces deux pains — dont il ne nous fait rien connaître, ni de l'origine, ni de la texture — une tranche de volume sensiblement égal, et les ayant immergées dans l'eau, il les pèse de 5 en 5 minutes jusqu'à l'arrêt de l'augmentation de poids. Sur constatation d'une vitesse d'absorption et d'une quantité totale d'eau absorbée, moindres pour le pain bis que pour le pain blanc, il proclame: « Cette considération, négligée par tous les apôtres du pain bis ou complet a, au point de vue de la digestibilité, une importance considérable. »

Voilà certes une expérience scientifique dont les constatations physiques ont une valeur rigoureuse, mais elle n'a aucun rapport avec la physiologie humaine, son auteur ayant omis de tenir compte de la mastication, trituration mécanique qui détruit complètement la texture et l'homogénéité de la bouchée de pain qui y est soumise. Nous pensons que FLEURENT aurait non moins sévèrement condamné le beefsteack, le jambon, le saucisson, le gruyère, le beurre, les œufs, etc !... Une telle façon d'expérimenter n'aurait pas mérité de nous arrêter si elle n'était typique,

435. PARMENTIER ²³⁸, *Le parfait boulanger*, p. 350.

436. FLEURENT ⁷, *Le pain de froment*, p. 119-120,

montrant par quelles méthodes et sur quels arguments certains partisans ont pu se laisser aller à fonder leur thèse.

En effet l'importance de la mastication et de l'insalivation est capitale. VAUDIN ⁴³⁷, dans un travail « Sur le rôle particulier de la salive et des hydrates de carbone dans la nutrition », présenté au Congrès international de Médecine de 1900, a montré que « sous l'influence de la salive 96 % de la totalité des substances hydrocarbonées ont été transformées en sucres ».

B. — PASSAGE DANS L'ESTOMAC

GARRIGUES ¹⁵⁰ rapporte que « MAISTRIEN a analysé non plus les fécès, mais les résidus de l'estomac après repas d'épreuve. L'un, au pain blanc, a laissé 58 % de mie non désagrégée, un liquide sans peptones et une grande quantité d'acide lactique. Dans le second, au pain complet, on trouve 5 % seulement de mie intacte, des peptones abondants et point du tout d'acide lactique ».

De leur côté, GALIPPE et BARRE ⁴³⁸ font connaître une expérience analogue qui aurait été réalisée par BOVET: 50 gr. de pain et 250 gr. de thé étant ingérés à jeun, un tubage gastrique est pratiqué une heure après. Après repas de pain blanc, fait de farine pur gruau, le liquide gastrique est riche en synthonine, la réaction des peptones est très faible; les fermentations anormales, principalement lactiques, y sont très accusées. Ce liquide non filtré contient une forte proportion d'amidon non modifié et dans le résidu, évalué à 58 %, on trouve des masses pâteuses de mie de pain non désagrégées. Après le repas de pain bis, fait de farine renfermant une partie des enveloppes, le liquide est assez riche en peptones, la réaction de la synthonine y est faible, il n'y a pas de fermentation anormale sensible aux réactifs. Ce liquide non filtré ne présente à l'eau iodée qu'une teinte bleue légère, et le résidu, évalué à 28 %, ne présente aucune masse pâteuse compacte.

437. VAUDIN, *Bull. Soc. Thérap.*, 9 nov. 1927, p. 243.

438. GALIPPE et BARRÉ ⁵³, *Le pain...*, 2: 128-129.

Ces deux expériences étaient récemment rappelées par BRUÈRE ⁷⁵, et nous regrettons de n'avoir retrouvé, dans les deux cas, les mémoires originaux. Il faut d'ailleurs se garder d'en tirer des conclusions trop formelles, de tels repas d'épreuve s'écartant des conditions habituelles d'alimentation.

Quant à la durée du séjour du pain dans la cavité gastrique, elle serait, pour PENZOLT ⁴³⁹, de deux à trois heures, comme pour la plupart des légumes, alors que les viandes mettent deux et trois heures de plus à être évacuées dans l'intestin. Mais ici encore ce fait a peu d'importance, nos repas présentant toujours à la digestion plusieurs aliments ensemble.

C. — PASSAGE DANS L'INTESTIN

Bien qu'il y aurait peut-être eu lieu d'envisager à cette place des troubles dont la cause serait, soit le pain blanc trop amylacé, soit le pain complet trop scoriacé, nous ne traiterons ici que de la digestion et de l'assimilation du pain; seules les parties indigestibles et non assimilées étant éliminées dans les excréta.

L'examen des fécès permettant donc de constater quels sont les constituants que l'organisme a retenus, assimilés, cette méthode a été à la base de la plupart des expériences que nous allons rapporter. Ainsi sera examinée la digestibilité de pains confectionnés à l'aide de farines à divers taux d'extraction; étant spécifié que nous entendons par digestibilité le degré selon lequel les divers constituants, azotés, minéraux, hydrocarbonés, etc... sont absorbés au cours de leur traversée du tube digestif humain.

En 1871, MEYER ⁴³⁹ a nourri durant *quatre* jours *un* jeune homme avec diverses sortes de pains, sa ration comprenant outre le pain expérimenté, deux litres de bière, 50 gr. de beurre et de la viande. Deux pains sont faits de seigle; des deux autres, qui seuls nous intéressent, le premier est confectionné de farine blanche de froment (Semmel); le second de farine entière, est un pain noir dit *Pumpernickel*, du pays d'Oldenbourg.

⁴³⁹. MEYER G., *Zeitsch. f. Biol.*, 1871, Cité FLEURENT 7, pp. 122-126 ;
AMMANN 241, pp. 515-519,

Il eut été désirable que de plus amples renseignements nous eussent été fournis sur ces pains. On doit s'étonner que le taux des cendres du pain blanc soit supérieur à celui des cendres du *pumpernickel* (2,28 % pour 1,93 %). Et MUNK et EWALD¹ ne définissent-ils pas ainsi le *Pumpernickel*: « Entre l'Elbe et le Rhin, on se sert de la farine de seigle pour préparer un pain noir spécial, auquel on a donné le nom de *Pumpernickel* (pain noir proprement dit) » ? et n'écrivent-ils pas ailleurs: « le pain fait avec la mouture entière de la graine (le *pumpernickel*, le pain complet)... » ce qui laisserait supposer que ce *pumpernickel* est également un pain pouvant contenir de la farine de seigle. De toutes manières c'est un pain très grossier, comportant tout le son.

Toujours est-il que, *dans ces conditions*, les quantités d'azote et de cendres rejetées pour 100 parties ingérées s'inscrivent dans le tableau 84.

Tableau 84

	Parties solides	Azote	Cendres
Pain blanc	5,6	19,9	30,2
<i>Pumpernickel</i>	19,3	42,3	96,6

Exprimant l'opinion des diététiciens de la fin du XIX^e siècle, MUNK et EWALD¹ écrivent: « Après ingestion d'une ration composée exclusivement de 450 à 780 gr. de pain blanc sec, il apparaît dans les fécès environ 5 % de la substance sèche et 20 % de l'azote et des substances minérales et seulement 1 % des substances hydrocarbonées; par contre après ingestion de pain de seigle, 10 à 15 % de la substance sèche, 22 à 32 % de l'azote et jusqu'à 30 % des cendres sont éliminés avec les fécès; enfin après ingestion de *pumpernickel*, on retrouve jusqu'à 19 % de la substance sèche et jusqu'à 42 % de l'azote, les hydrates de carbone au contraire étant absorbés à 10 % près. La teneur en substance sèche étant la même, c'est donc le pain blanc qui s'absorbe le mieux, vient ensuite le pain noir puis le pain complet, le pain bis préparé à parties égales de farine de seigle et de froment occupe, en ce qui concerne l'absorption, une place intermédiaire entre le pain noir et le pain blanc. »

On le voit ils reprenaient les chiffres de MEYER. Aussi concluait-ils ainsi: « Par conséquent l'alimentation par le pain blanc est la plus rationnelle, puisque c'est ce pain qui s'absorbe le plus complètement dans le tube digestif; l'usage du *pumpernickel* et du pain complet est au contraire le moins rationnel. Le faible degré d'absorption de ces deux variétés de pains démontre que l'absorption ne dépend pas seulement de la nature de la graine employée, de la porosité du pain, mais que le degré de mouture exerce également son influence; plus la farine est fine moins la perte par les fécès est grande. »

« La présence de cellulose explique également pourquoi, lors de l'usage du pain avec son (*pumpernickel*) près de 20 % de la substance sèche sont évacués avec les fécès, alors qu'après ingestion de pain blanc ou de pain noir renfermant moins de cellulose, respectivement 5 % et 10 % de la substance sèche échappent à l'absorption. A mesure que la teneur en son augmente dans le pain, l'absorption des hydrates de carbone, qui d'ailleurs est presque complète, diminue à un degré tel que, d'après RUBNER, on peut retrouver dans les fécès jusqu'à des grains entiers de fécule. »

C'est là le thème qu'ont repris tous les partisans du pain blanc afin de condamner les pains bis. Toutefois, ce faisant ils ne prenaient point garde que *leurs arguments ne peuvent s'adresser qu'à des pains tels que le pumpernickel, c'est-à-dire comprenant l'intégralité du son, de texture particulièrement compacte et d'une grossièreté renommée, et qu'ils ne peuvent en rien infirmer la valeur nutritive de pains faits, soit de farines à taux d'extraction élevé mais ne comportant pas de son, soit de farines même complètes mais où le son se serait trouvé réduit à l'état finement pulvérulent.*

MUNK et EWALD¹ ne manquaient pas d'ailleurs d'ajouter: « D'autre part, on peut démontrer qu'une partie notable des substances nutritives renfermées dans le son (albumines, hydrates de carbone, substances minérales) est absorbée dans le tube digestif. Si l'on se place uniquement à ce dernier point de vue, on ne peut rien objecter à l'usage du son pour l'alimentation de l'homme. Même au point de vue économique, celui qui con-

somme le pain fabriqué avec la farine entière dépense moins, mais le pain avec son est compact, a peu de goût et nécessite une insalivation plus parfaite que le pain fabriqué avec de la farine blutée ».

Signalons qu'ALQUIER ⁴⁴⁰ a dressé le tableau 85 où figurent les compositions de différents pains, ainsi que la proportion dans laquelle leurs constituants sont assimilés par l'organisme. On doit regretter qu'il n'ait point spécifié ni les modes de mouture, ni les taux d'extraction de ces pains, et de plus on remarquera certaines données qui étonnent: un taux de cendres de 1,44 % pour le pain complet, alors qu'il est de 2,10 % pour le pain bis, des taux d'hydratation peu en rapport avec les taux d'extraction; un taux de matières protéiques de 5,40 pour le pain bis alors que le pain blanc serait plus azoté (8,26); enfin une teneur en hydrates de carbone du pain complet supérieure à celle du pain bis; la richesse en cellulose de 0,40 % pour le pain blanc, alors que celle du pain complet est de 0,45 % pouvant s'expliquer par le fleurage. Ces remarques sont en droit de limiter notre confiance en l'exactitude des autres données. Nous avons cependant cru bon de présenter différemment ces chiffres en calculant pour chacun des constituants le « taux de digestibilité », soit la proportion de ce constituant assimilée pour 100 parties ingérées du constituant considéré. Cette notion, que nous incorporons au tableau 85 aide mieux à sa compréhension, croyons-nous, que les pourcentages rapportés au pain, tels que les indique ALQUIER. C'est ainsi que nous constatons que ces taux sont, pour chaque constituant, les mêmes avec tous les pains analysés, ce qui ne manque point de surprendre, et de nous laisser penser que l'évaluation des parties digérées a été obtenue par simple calcul et non pas, dans le cas de chaque pain, par analyse chimique des excreta.

Ainsi ce tableau dont la masse de documents a pu en imposer à nombre d'auteurs qui l'ont reproduit, n'a aucune valeur, à nos yeux.

440. ALQUIER J., Les aliments de l'homme, *Rev. Soc. sc. Hyg. alim.*, 1906, **3**,

Tableau 85

	PAINS DE FROMENT			
	blanc	bis	complet	de campagne
Nombre d'analyses	117	2	39	3
Eau (moyenne %)	35,31	43,60	36,53	31,43
Cendres ingérées %	1,05	2,10	1,44	0,64
— digérées %	0,79	1,58	1,08	0,48
Taux de digestibilité	75,2	75,2	75	75
Matières azotées ingérées :				
Maximum	16,30	5,60	11,70	7,71
Minimum	2,76	5,20	6,80	7,11
Moyenne	8,26	5,40	9,15	7,48
Matières azotées digérées	6,94	4,54	7,69	6,28
Taux de digestibilité	84,02	84	84,04	83,95
Matières grasses ingérées :				
Maximum	3,80	2,40	3,80	0,25
Minimum	0,10	1,20	0,34	0,19
Moyenne	1,06	1,80	1,52	0,24
Matières grasses digérées	0,95	1,62	1,37	0,22
Taux de digestibilité	89,62	90	90	91,66
Hydrocarbones ingérés :				
Maximum	76,85	50,70	59,10	77,00
Minimum	37,78	43,50	37,20	60,26
Moyenne	54,32	47,10	51,36	60,21
Hydrocarbones digérés	52,69	45,69	49,82	58,40
Taux de digestibilité	96,99	97	97	96,99
Cellulose ingérée %	0,40	—	0,45	—
Calories utilisables (moyenne p.				
100 gr.)	255,50	222,54	250,98	269,14

Au cours des années 1899 à 1905, SNYDER⁴⁴¹ et WOODS et MERRILL⁴⁴² ont publié des expériences sur l'assimilation com-

441. SNYDER H., Studies on bread and bread-making, *U. S. Dept. Agric. Offic. Exp. Stat., Bull.* 101, 1901. Studies on the digestibility and nutritive value of bread, *Ibid.*, 1902. SNYDER H. et VOORHEES, Studies on bread and bread-making, *Ibid.*, 1899, *Bull.* 67.

442. WOODS C. D. et MERRILL L. H., A report of investigations on the digestibility and nutritive value of bread, *U. S. Dept. Agric. Offic. Exp. Stat. Bull.* 85, 1900. Studies on the digestibility and nutritive value of bread at the Maine agric. Stat., *Ibid.*, 1904, Cité FLEURENT 7,

parée des pains blanc, bis et complet, qui ont longtemps fait autorité. FLEURENT en a rapporté quelques-unes dans son ouvrage *Le pain de froment*. Trois sujets reçurent, pendant deux jours seulement, une alimentation composée seulement du pain à expérimenter et de lait. Les quantités d'azote, de graisses et d'hydrates de carbone obtenues en défalquant les quantités rejetées de celles ingérées, qui sont donc les quantités assimilées, sont rapportées soit à la totalité des aliments ingérés (tableau 86 A), soit à la quantité de pain absorbée (tableau 86 B).

Tableau 86

	Taux %	Matières	Matières	Hydrates	Energie
	Moyennes des trois sujets	azotées	grasses	de carbone	
A. Pain blanc supérieur ..	91,4	91,4	92,4	97,6	90,3
Pain de blé entier	89,7	89,7	91,7	95,1	88,5
Pain de Graham	88,2	88,2	91,1	91,1	86,1
B. Pain blanc supérieur ..	85,3	85,3	56,4	97,5	90,1
Pain de blé entier	80,4	80,4	55,8	94,1	85,5
Pain de Graham	77,6	77,6	58,0	88,4	80,7

On serait ainsi porté à conclure que le pain blanc tient le premier rang, celui de farine entière (où est incorporée la farine provenant de la remouture des sons) le second, enfin celui de farine de Graham (dans laquelle le son existe en totalité, sous forme de grands placards cellulósiques) le dernier, au point de vue de la digestibilité, soit du pain seul, soit des éléments de la ration à laquelle le pain est incorporé. Remarquons que c'est le tableau 86 A qui est le plus intéressant, puisqu'en pratique diététique ce qui importe c'est la répercussion de chacun de ces pains sur l'assimilation de l'ensemble de la ration; le tableau 86 B n'a guère qu'une valeur théorique, le pain n'étant jamais consommé à l'état isolé. Or les chiffres du tableau 86 A sont assez voisins pour ne pas autoriser à en tirer des conclusions aussi tranchées que certains auteurs ont voulu le faire croire.

Au contraire, FAUVEL⁴⁴³, condensant dans le tableau 87

443. FAUVEL Pierre. Quelques expériences sur la valeur alimentaire des différents pains, *C. R. Ac. Sc.*, 1905, **140**: 1424-1427. Idem, *Rev. Soc. sc. Hyg. alim.*, 1906, pp. 968-971.

Tableau 87

	ALBUMINE DIGEREE POUR CENT		
	Digestion artificielle	Digestion naturelle	Digestion naturelle (correc. faites)
Pain blanc	93,26	89,4	90,67
Pain de farine entière .	91,49	86,8	90,37
Pain de Graham	86,97	76,5	83,88

d'autres résultats de ces mêmes auteurs ⁴⁴⁴ américains, trouve des taux d'azote résorbée analogues pour les pains à bas et à haut taux d'extraction.

Commentant les résultats de MEYER et des auteurs américains, FLEURENT ⁴⁴⁵ proclame: « Il résulte donc définitivement que la manière la plus économique d'utiliser le grain de blé à l'alimentation humaine est de le moudre de façon à en extraire la plus grande proportion possible de l'albumen à l'état de farine blanche. »

C'est là dépasser de beaucoup les conclusions que l'on peut logiquement déduire des expériences ci-dessus. En effet c'est oublier le taux d'extraction de la farine, facteur aussi important que le taux de digestibilité pour évaluer la mouture la plus économique. Il faudra que les nécessités de la guerre de 1914-1918 poussent les hygiénistes à revoir ces notions pour que soit démontrée l'erreur grossière d'un tel raisonnement. « En 1917, un représentant qualifié de la Meunerie française imprimait que le pain bis exigeait plus de blé — « au minimum 7 millions de quintaux de plus » — que le pain blanc pour subvenir aux besoins de la France » raconte LAPICQUE ²⁸⁴, qui saisit cette occasion pour détruire cette « erreur énorme », comme nous l'avons déjà exposé (page 129).

Le tableau 88 dressé par BERTRAND ⁴⁴⁶ est également probant. Prenant pour base de calcul les résultats des auteurs américains, BERTRAND fixe le « coefficient de digestibilité » de ces trois

444. WOODS et MERRILL ⁴⁴², *Bull.* 85, p. 33 et 44. Cité FAUVEL ⁴⁴³, 1906.

445. FLEURENT ⁷, *Le pain de froment*, p. 136.

446. BERTRAND G., Sur la digestibilité du pain et la meilleure utilisation du froment, *C. R. Ac Sc.*, 1^{er} oct. 1917, 165: 438-440.

mêmes sortes de pain, en multipliant par le taux d'extraction les pertes de substance azotée et d'énergie calorimétrique subies au cours de la traversée digestive. Pour nous, nous aurions, pour ces valeurs, préféré une autre dénomination, pour éviter toute confusion, par exemple celle de « coefficient de rendement azoté (ou calorique) du blé selon le taux d'extraction ».

Tableau 88

D'après :	Pain à 72 % Matières Calories protéiques		Pain à 85 % Matières Calories protéiques		Pain à 100 % Matières Calories protéiques	
1. WOODS et						
MERRILL	64,4	65,2	73,8	76,1	76,5	84,2
2. SNYDER	61,4	64,9	68,3	72,7	77,6	80,7
3. SNYDER	63,6	65,5	73,3	76,3	82,8	85,1
3. SNYDER	66,8	66,8	72,8	74,8	79,4	82,6
4. WOODS et						
MERRILL (mê-						
me blé que						
pour 2)	67,6	66,9	68,7	73,7	81,3	82,7
5. SNYDER	61,1	68,4	60,4	74,5	63,0	82,3
5. SNYDER	65,5	66,3	67,7	71,2	77,3	80,6
Moyennes géné-						
rales	64,33	66,27	69,28	74,19	76,84	82,59

Contrairement donc à ce qu'assurait FLEURENT, le meilleur moyen d'utiliser économiquement un blé, est d'en consommer le plus possible du grain, sous forme de pain fait de farine non blutée.

FAUVEL, d'ailleurs n'avait-il pas procédé sur lui-même à des expériences d'utilisation de trois sortes de pain, dont les résultats, publiés en 1906, durent être rappelés en 1917 par MAUREL ⁴⁴⁷. FAUVEL ingéra 400 gr. de chacun des pains en expérience — leur analyse figure au tableau 89 — pendant sept jours consécutifs, en ayant soin de conserver par ailleurs les mêmes aliments

447. MAUREL E., Le blutage de notre froment devant l'hygiène alimentaire, *Bull. Ac. Méd.*, 29 déc. 1917, (3), 78: 799-805.

Tableau 89

	Azote %	Matières azotées %	Ac. phospho- rique anhydre
A. — <i>Pain blanc</i>	1,08	6,75	0,175
farine de cylindres 1 ^{re} qualité.			
B. — <i>Pain de munition</i>	1,23	7,69	0,264
nettement bis.			
C. — <i>Pain complet</i>	1,23	7,69	0,582
4/5 farine de blé à 100 %			
1/5 farine de seigle			

respectivement durant chaque jour des semaines d'expérience. L'examen de ses urines lui permet de dresser le tableau 90 de l'urée (traduisant les matières protéiques complètement désintégrées), de l'acide urique et des composés xantho-uriques (évaluant les produits azotés incomplètement oxydés) et de l'acide phosphorique anhydre éliminés. Il en concluait: « Dans cette expérience, si le pain complet s'est montré inférieur au deux

Tableau 90

Moyennes pour la semaine au :	Volume	Acidité	Urée	Acide urique	Composés xantho- uriques	P 2 O 5
Pain blanc	1120 ^{cm3}	1,29	13,91	0,340	0,540	1,68
Pain de muni- tion	1320 ^{cm3}	1,41	14,39	0,210	0,470	2,01
Pain complet ..	920 ^{cm3}	1,49	12,06	0,350	0,620	2,07

autres, le pain bis, au contraire, a donné des résultats supérieurs au pain blanc, sans avoir aucun des inconvénients du pain complet ».

Et MAUREL ⁴⁴⁷ commentant ce même tableau, estimait également que « le pain de munition a été mieux utilisé que le pain blanc, puisque les azotés passés à l'état d'urée ont été de 14,39 au lieu de 13,91, et qu'au contraire les produits azotés incomplètement oxydés n'ont été que de 0,68 pour le pain de munition et de 0,88 pour le pain blanc; que le pain de munition a cédé plus d'acide phosphorique à l'organisme que le pain blanc, soit 2,01 gr. au lieu de 1,68 gr. »

En 1918, le Food (War) Committee of the Royal Society fit une enquête pour comparer la digestibilité de la farine à 90 % avec celle à 80 %. Les observations ont porté sur quatre personnes de Londres, autant de Cambridge et autant de Glasgow, leur régime étant réglé et leurs selles analysées. Les expériences étaient dirigées dans ces différents centres par M. J. A. GARDNER, les professeurs F. G. HOPKINS et Noël PATON, assistés d'habiles travailleurs.

SPRIGGS ⁴⁴⁸ nous rapporte que « les résultats ont montré que le pain à 90 % était bien digéré: 94,5 % de la matière nutritive de l'ensemble de la ration étant assimilés par l'organisme. Avec le pain à 80 %, 96,1 % de la nourriture consommée étaient absorbés. Ces chiffres sont les moyennes de toutes les expériences; il y avait d'ailleurs un accord remarquable entre les valeurs fournies par chaque individu. La proportion d'azote absorbée de la nourriture était de 87,3 % avec la farine à 90 % contre 89,4 % avec celle à 80 %. Cette recherche montre que l'addition à la farine de dix centièmes de la partie périphérique du grain a seulement une faible action sur la digestibilité de la ration; l'absorption approchant, à 1 ou 2 % près, celle que réalise la farine à 80 %. »

On le voit les expériences portant sur l'assimilation par l'homme de pains à différentes extractions sont très fragmentaires, et le plus souvent dépourvues des indications nécessaires pour en faire un examen utile. De plus, mises à part les expériences du Food Committee, elles sont presque toutes pratiquées dans de telles conditions, totalement éloignées des conditions physiologiques requises, qu'elles ne permettent aucune conclusion valable.

Cependant nombreux sont les auteurs qui se sont basés sur certaines de ces expériences, même les plus critiquables, les plus absurdes, pour proclamer avec vigueur la supériorité de tel ou tel pain, et l'on ne sait s'il faut plus s'étonner de leur absence d'esprit critique ou s'indigner de leur mauvaise foi.

448. SPRIGGS E. I., War Bread, *Lancet*, 1918, 1: 613-614.

Les résultats de cette enquête sont tout à fait analogues à ceux que nous rapportions au chapitre V et qui montraient également que l'intervention du son (même sous la forme où il peut le moins facilement céder ses principes nutritifs et où il provoque un effet laxatif), dans un régime, n'abaisse que de très peu le taux de l'assimilation des protides et des autres constituants de la ration.

Il est présentement nécessaire de tirer des conclusions de toute l'étude que nous avons faite de l'assise protéique, du germe et du son, au chapitre V, et de celle au présent chapitre de l'assimilation des pains faits de farines à divers taux d'extraction :

1° - Le son commercial, outre qu'il retient adhérent à sa face interne une partie des gruaux gris de la périphérie de l'albumen, contient lui-même des principes nutritifs (sels et matières azotées notamment).

2° - Ces principes sont essentiellement localisés dans les cellules de l'assise protéique ou à diastases; ils ne sont utilisables par l'organisme que si les parois de ces cellules ont été lésées par un procédé soit mécanique soit biologique; étant donné leur valeur et leur rareté, l'homme doit les faire intervenir dans sa ration et le médecin a le devoir de réclamer qu'il soit possible de réaliser cet enrichissement alimentaire.

3° - L'incorporation dans le régime de l'homme des parties du grain où siègent électivement ces principes (assise protéique et germe) ne présente pour son organisme que des avantages, le long usage qu'en firent nos ancêtres, qu'en font encore certains peuples et certaines personnes à notre époque, le démontrerait, si des expériences, cependant probantes, n'y suffisaient.

4° - Autant le son provenant d'une mouture par meules ou par cylindres est indigestible, laxatif, et parfois mal supporté par les tubes digestifs délicats, autant le son (surtout privé du péricarpe), lorsqu'il est réduit à l'état de fines particules, se montre assimilable en presque totalité et ne provoque aucun trouble digestif ni organique.

5° - Un pain de froment, blanc, ne peut *actuellement* être obtenu que par utilisation d'une farine à bas taux d'extraction

(75 % et au-dessous) ou d'une farine à taux plus élevé, mais blanchie par des agents chimiques ou physiques (procédés officiellement interdits par les lois françaises). Le pain blanc contient donc moins de principes nutritifs qu'un pain à plus haute extraction et surtout sa composition est complètement différente de celle de ce dernier.

6° - Un pain de froment, crème, bis ou bis-brun, peut être obtenu par utilisation, soit d'un blé mal nettoyé ou mal conservé, soit d'une farine avariée ou souillée d'impuretés, soit d'une farine saine ayant été extraite à plus de 80 %. Les deux premiers cas constituent, de la part du meunier ou du boulanger, des actes de falsification et des supercheries; mais la panification d'une farine saine et pure, représentant la totalité de l'amande avec l'assise protéique et le germe du grain de froment, produit un pain qui est *naturellement* crème, bis ou bis-brun et qui offre à l'organisme des éléments adaptés aux réparations cellulaires et à l'entretien des organes.

Il ne fait ainsi aucun doute pour les hygiénistes de bonne foi que les farines à taux d'extraction élevés sont préférables à celles trop blutées. Devant la constatation des diverses carences du pain blanc (en vitamines, en sels, etc...), des auteurs ont préconisé d'y incorporer secondairement ces éléments.

Pour récupérer une partie des sels minéraux perdus habituellement avec le son, GARRIGUES ⁴⁵⁰ avait pensé que « on pourrait préparer, sinon du pain complet, du moins un pain plus riche que le pain commun, en substituant à l'eau ordinaire dans la fabrication, une décoction de son ». Mais cette pratique est ancienne et FOUASSIER ⁴⁴⁹ assure qu'on « obtiendrait ainsi une augmentation de rendement atteignant 20 à 25 % », ce dont on peut douter. Bien que préconisée et modifiée par ROLLET, cette méthode est pratiquement abandonnée.

SCHEUNERT et SCHIBLICH ⁴⁵⁰ recommandent l'addition de levure de bière; NOORDEN et SALOMON ⁴⁵⁰ celle de sels de chaux; etc... On peut légitimement s'étonner de semblables procédés.

449. FOUASSIER ³⁵⁷, p. 84.

450. Cité KAUFFMANN-COSLA et alter ⁴²⁸, p. 626.

Pour les sels de chaux notamment, il ne fait aucun doute que ces sels, obtenus chimiquement et réincorporés à une farine déséquilibrée et appauvrie en ces mêmes sels (par des procédés de mouture impropres), ne sauraient ni en rétablir l'harmonie ni jouer dans la panification et la nutrition humaine le même rôle que les sels de chaux naturels éliminés par la mouture; car, et cette notion est fondamentale, les sels naturels du blé sont associés à d'autres constituants pour former des complexes, soit minéraux (calciques et magnésiens), soit minéraux et organiques, et une telle molécule complexe, agissant à l'état natif, pourrait-on dire, ne peut manquer d'avoir une fonction et un comportement bien différents.

Il n'y a donc pas de moyen, biologiquement et médicalement acceptable, de revitaliser une farine blanche appauvrie; il n'y a qu'une solution, ne réaliser que des farines moins blanches mais équilibrées, vivantes, parce qu'on y retrouve tous les éléments assimilables du grain, sous leurs formes et *dans leurs proportions respectives naturelles*.

On peut appliquer ce que nous avons dit des farines blanches à toutes les farines extraites, à des taux inférieurs à 75 %, d'un bon blé indigène moyen. A. GIRARD et LINDET ⁴⁵¹ ne reconnaissent-ils pas que les moulins de l'Assistance publique de Paris, à meules, obtiennent à 75 % une « farine très blanche » ? Il est classique d'ailleurs de fixer, pour chaque blé, le taux d'extraction maximum jusqu'auquel on peut tirer tout en conservant à la farine sa blancheur, en déduisant 1 à 3 unités de son poids spécifique. Bien que ce mode d'estimation soit généralement préconisé, il est arbitraire et fait perdre à l'homme une bonne part des éléments nutritifs précieux du grain. En effet, un blé pesant 80 kg. à l'hectolitre donnera 79 % de son poids, soit 63,200 kg., alors qu'extrait à 90 %, il pourrait donner 72 kg. de farine. La cellulose inutilisable ou regardée comme telle, n'étant que les 5 centièmes du grain, elle n'entre que pour 4 kg. dans un hectolitre de blé pesant 80 kg.; en en extrayant seulement 63,200 kg. on constate que la perte de matériaux utiles est considérable.

451. A. GIRARD et LINDET ⁶, p. 130.

Un pain complet, fait de farine tirée à 100 %, ne présentant aucun avantage sur les pains à extractions de 80 à 95 %, pouvant même occasionner quelques inconvénients, lorsque le son y est incorporé sous une forme trop grossière, nous devons envisager quel est le meilleur taux d'extraction pour obtenir le pain apportant à l'organisme les éléments nutritifs les plus variés, les plus alibiles, les mieux adaptés biologiquement à l'homme. Entre des pains provenant de farines à 80 ou bien à 95 %, plusieurs variétés sont possibles, mais il faut spécifier qu'en abaissant le taux d'extraction au-dessous de 80-75 %, la farine obtenue n'est plus capable d'incorporer au pain qu'une partie déséquilibrée des éléments nécessaires à l'organisme, pour sa croissance, son entretien et le bon fonctionnement de ses différents systèmes cellulaires (reproducteur, nerveux, trophique, etc...).

Le moulin à cylindres est impropre, sinon incapable, à produire une farine à 80 %, telle que nous la souhaitons. Son outillage dirigé vers une sélection à outrance des particules du grain selon leur densité et leur grosseur, aboutit à trop de farines variées qui, prises individuellement sont toutes déséquilibrées, et dont on ne peut plus, par le mélange de certaines d'entre elles, reconstituer exactement la partie assimilable du grain. La farine de meules à 80 % est le minimum médicalement exigible. A ce taux les meules incorporent à la farine tout le germe, la plus grande partie de l'assise protéique et produisent une farine assez équilibrée.

C'est ce qu'estimait BONNARD-LURÇAT⁴⁵², lorsqu'il écrivait : « La fabrication des farines restera toujours aux moulins qui pourront lui conserver ses qualités, question qui ne peut être résolue qu'en obtenant toutes les farines qui sont renfermées dans le grain de blé, condition que le bonhomme des champs ne pourra trouver que dans les petits moulins qui se serviront de la meule pour faire leur mouture ».

Même au taux de 80 %, l'assise protéique ne paraît pas intégralement incorporée à la farine; il y aurait donc intérêt à élever le taux d'extraction, pour s'assurer la présence de cette

⁴⁵². BONNARD-LURÇAT 133, p. 60.

zone. LAPICQUE²⁸⁴ examinant quelles seraient les répercussions qu'aurait sur le pain une extraction de la farine à 82 %, estimait qu'alors: « nous aurions un pain légèrement teinté, à peine une nuance de blond, avec un petit goût *sui generis*, le goût du froment lui-même. Je n'hésite pas à dire que pour ma part, je préfère de beaucoup, et je ne suis pas le seul, ce pain savoureux au fade et féculent pain blanc. » A 85 % et plus encore à 90 %, la farine représente vraiment la partie assimilable du grain de froment et à 95 % il n'y a de rejeté que le péricarpe, *si le procédé mis en œuvre opère convenablement*.

Ayant insisté pour que l'extraction ne s'abaisse en aucun cas au-dessous de 80 % (pour un bon blé français, de poids spécifique de 80 environ), nous proposons comme optima les taux de 85 à 95 %. Mais ceux-ci, plus encore que celui de 80 % sont irréalisables avec les cylindres. Quant à la mouture par meules, elle n'atteindrait le taux de 90 % qu'au prix d'un échauffement préjudiciable à la qualité de la farine et d'une usure rapide de l'appareillage. C'est dire qu'il faudra pour obtenir ces taux avoir recours à d'autres méthodes que celles connues jusqu'ici, utilisant des outillages différents des meules et des cylindres. C'est la raison pour laquelle nous avons fait figurer dans la présente étude la description de deux de ces nouveaux modes de mouture ou mieux de division du grain de blé, que nous estimons capables d'atteindre les taux élevés de 85 et même 95 %, en donnant des produits conformes aux desiderata que nous avons précisés.

Les adversaires de telles extractions essayent de faire valoir que des pains à hautes extractions ont été jadis confectionnés à l'aide de farines tirées à de tels taux et qu'ils ont été rapidement abandonnés, devant les réclamations et les doléances du consommateur. S'il est exact que *des pains bis* ont été mal tolérés par certains tubes digestifs, serait-ce une raison pour condamner en bloc *tous les pains* provenant de farines à extraction élevée ? Les pains à hautes extractions critiqués répondaient-ils à la formule que nous venons de préciser ?

C'est ainsi que le pain consommé par les différents belligérants par suite des exigences de la guerre 1914-1918, a provoqué

une abondante littérature, en Allemagne notamment où la crise alimentaire se fit sentir particulièrement aiguë. Tenons-nous en au pain à haute extraction qui fut consommé en France et qui donna lieu à des critiques, cet exemple étant souvent pris comme très démonstratif des défauts de ces pains.

Il ne faut pas oublier quelles étaient les matières premières de ce pain de guerre; MAUREL ⁴⁴⁷ a fort bien exposé cette question lorsque, défendant le taux de 85 % (et cependant les farines que les cylindres lui fournissaient à ce taux étaient loin de valoir celles que nous pourrions obtenir aujourd'hui par d'autres moyens), il écrivait : « Notre pain aurait produit des troubles dyspeptiques et même quelques inflammations des voies digestives... Mais d'abord le pain que l'on a dû consommer dans quelques départements au moment de la soudure, ne peut guère être assimilé au pain bis de froment pur. Outre que la farine utilisée en ce moment était blutée à la limite supérieure des farines bisées soit 85 %, elle était additionnée de 20 % d'un succédané quelconque. Cette farine pouvait provenir d'un froment assez léger pour qu'un blutage à 85 % la fit placer parmi les farines complètes. Nous savons ensuite que certains blés, soumis à cette époque à la mouture, n'étaient pas débarrassés des graines étrangères et d'autres impuretés. On a pu en constater jusqu'à 6 et 8 %. »

De même A. GAUTHIER ⁴⁵³ a incriminé le pain à 85 % d'être « fort mal jugé par la population. Il est rêche, acide et lourd; il provoque chez bien des personnes des désordres intestinaux... » Mais deux pages avant ne convenait-il pas lui-même que « il a fallu recourir aux succédanés du froment, et l'on fut amené à introduire dans le pain de 20 à 25 % d'autres céréales (seigle, orge, maïs) ». LEGENDRE ⁴⁵⁴ assure que « l'on en arriva aussi à nettoyer de moins en moins les blés pour atteindre aux taux prescrits ». De plus on utilisa trop souvent des farines très colorées et chargées des micro-organismes qu'une mauvaise

453. GAUTHIER Armand, Comment compenser le déficit actuel de froment panifiable, *Bull. Ac. Méd.*, 13 nov. 1917, (3), 78: 573-578.

454. LEGENDRE ⁴⁶, *Les Céréales*, p. 181.

conservation y avait engendrés, et les levains auxquels on redemanda de faire fermenter ces pâtes polluées furent mal utilisés.

Aussi MAUREL⁴⁴⁷ concluait-il magistralement: « Si donc des troubles digestifs dépendant réellement du pain ont été constatés, il n'est pas prouvé qu'ils ne soient dus qu'à sa qualité bise; ils peuvent l'avoir été soit aux graines étrangères dont quelques-unes sont toxiques, soit aux impuretés; ils peuvent l'avoir été aussi à la mauvaise qualité de la farine, et la nécessité rendait peu difficile sur ce point. Enfin de ce que ces troubles digestifs ont été constatés après l'usage de ce pain, il ne faut pas conclure forcément que c'est à lui qu'ils sont dus. Ils peuvent provenir d'une autre cause; et c'est en effet ce dont j'ai pu me rendre compte chez les malades qui sont venus me consulter en accusant ce pain de troubles divers dont ils se plaignaient. J'ai toujours pu trouver ailleurs la cause de ces troubles; et ce qui prouve bien qu'ils ne leur étaient pas dus, c'est que j'ai pu faire cesser ces troubles, tout en continuant l'usage de ce pain. »

Il nous faut bien conclure *qu'il y a pain bis et pain bis*. Si le pain de seigle ou le pain de froment avec succédanés, par exemple, qui sont bis, lèvent mal; si les pains faits de farine avariée ou de blé non nettoyé, qui sont bis, sont acides et provoquent des troubles digestifs, des fermentations, voilà des défauts, sans doute réels, mais qu'il serait injuste d'attribuer au pain de pur froment, confectionné proprement à partir de farines à hautes extractions, selon les règles de conduite d'une honnête fabrication.

Ce que l'on peut affirmer catégoriquement après l'étude que nous venons de faire, c'est que *les vrais pains de froment, à hautes extractions, plus nourrissants que les pains blancs de froment, sont aussi bien tolérés et assimilés qu'eux par l'organisme humain*.

CHAPITRE VIII

Synthèse et Conclusions

Ne met-on point trop d'art et de recherche dans la préparation du pain, en désunissant deux principes que la nature avait mis ensemble pour s'entraider mutuellement? Et ne peut-on pas juger de la supériorité du pain où l'on fait entrer la fleur et la farine substantielle, par le concours de la saveur parfaite qu'on y éprouve et de la bonne constitution de ceux qui en font usage?

Le spectacle de la Nature, 1770, t. VI, p. 422.

La réduction du taux d'extraction des farines au cours des années qui suivirent l'introduction des cylindres avait déjà frappé BALLAND qui y voyait la cause de la baisse du gluten dans ces farines (tableaux 51 et 52). De même A. GAUTHIER ⁴⁵⁵, parlant des farines utilisées par la boulangerie parisienne, dont le taux d'extraction était au maximum de 70 %, écrivait en 1908: « Ces farines ont l'avantage de donner un pain très blanc mais moins riche en gluten et moins savoureux que le pain de farine blutée à 72 ou 74 %. Ces dernières fournissent un pain un peu moins blanc, il est vrai, moins levé, mais plus savoureux, plus riche en phosphore organique et en gluten, plus nutritif. »

En 1896, BALLAND ⁴⁵⁶ nous apprend qu'il a « récemment constaté, en Bresse, que les meuniers travaillant pour les fermes ne produisent plus que 71 à 72 kg. de farine panifiable pour

455. GAUTHIER Armand. *L'alimentation et les régimes chez l'homme sain ou malade*, Paris, Masson, 3^e éd., 1908, p. 300.

456. BALLAND, Sur le nouveau pain de guerre, *C. R. Ac. Sc.*, 1896, 123 ; 1007-1009.

100 kg. de blé, alors qu'ils en retiraient généralement 83 kg., il y a une trentaine d'années... ces transformations ont fait perdre aux consommateurs des matières azotées et phosphatées qui, pour le plus grand nombre, n'ont pas été compensées par un apport suffisant de viande ou d'autres aliments connus pour leur valeur nutritive » (cette compensation est d'ailleurs vraisemblablement impossible biologiquement).

Si des chimistes s'inquiétaient, des médecins, vivement préoccupés des conséquences que doit avoir cette élimination des parties essentielles de nos farines actuelles, n'ont pas hésité à y voir la cause de bien de nos maux et même de fléaux sociaux. RENON ⁴⁵⁷ en 1914, se posait cette question : « On peut se demander si la fréquence de plus en plus grande de cette maladie [la tuberculose] n'est pas en rapport avec l'usage de plus en plus fréquent de farines blanches dépouillées de toute particule de son ». Ce que LECOQ ⁴⁵⁷ commentait ainsi plus récemment : « Remarque judicieuse, certes, car aujourd'hui vitamines et tuberculose ne nous semblent pas étrangères. »

Le pharmacologue anglais LAUDER BRUNTON ⁴⁵⁸ ne croit-il pas que la farine blanche a été une des causes de l'extermination des Peaux-Rouges ? Et DELBET ⁴¹³, à la suite de ses études sur le rôle du magnésium dans l'équilibre cellulaire et la prophylaxie cancéreuse, ne proclame-t-il pas : « Les mangeurs du pain blanc d'aujourd'hui sont plus exposés aux désordres d'hyperplasie épithéliale que leurs ancêtres qui mangeaient du bon pain. »

Aussi LENGLET ⁴⁵⁹ peut-il écrire : « On peut regarder la déchéance des races, partant leur réceptivité à la tuberculose, au cancer, comme une des conséquences premières de la spoliation minérale que subit l'organisme, du fait des farines actuelles ».

On comprend dès lors que la plupart des médecins qui se sont occupés, de bonne foi, de cette question, l'ait résolue dans le même sens que MACHET ⁴⁶⁰. Celui-ci nous a laissé une belle

457. Cité PRAT ⁴⁷¹, p. 45.

458. Cité KAUFFMANN-COSLA et alter ⁴²⁸, p. 261.

459. LENGLET E., Ce que doit être le pain, *Presse méd.*, 18 fév. 1914, p. 181.

460. MACHET J. P., *Le pain*, 1862, Cité GALIPPE et BARRÉ ⁵³, 1 : 120-121.

page qui synthétise si parfaitement notre propre opinion, que nous rapporterons encore ce témoignage éloquent: « Le pain que nous souhaitons pour tous, semblable au pain de ménage, fait avec du bon blé, est le mélange de toutes les farines provenant d'une bonne mouture, la pâte étant bien manipulée et bien cuite au four. Il sera meilleur que le pain fait de fine fleur de froment; ce dernier l'emportera, sans doute, pour la blancheur, la forme et l'élégance; mais ce fard extérieur ne fait rien à la bonté. Le pain que nous préconisons, ainsi composé, l'emportera, à son tour, comme étant plus nourrissant, plus odorant, plus savoureux, c'est-à-dire comportant le goût de noisette, le goût de fruit; cet aliment, plus substantiel, se conservera frais plus longtemps et par conséquent, n'imposera plus l'obligation de se faire manger tendre, ingestion toujours si funeste aux organes digestifs ».

C'est la thèse qu'ont soutenue de très nombreux médecins dont il serait fastidieux de rappeler les jugements. Tous se sont appliqués à démontrer que seul le pain comprenant la totalité des principes assimilables du froment peut permettre à celui qui le consomme « des réparations tissulaires impossibles ou incomplètes par toute autre alimentation. Il le sauve de toutes les carences inappréciables qui le mènent à la tuberculose, au cancer et à toutes les formes de déchéance trophique, physique et mentale » 258.

D'ailleurs la valeur alimentaire (et ce terme nous semble bien imparfait pour traduire un apport aussi complexe) des pains à hautes extractions -- tels que nous les avons définis -- ne tient pas uniquement au fait qu'ils apportent à l'organisme des éléments nombreux, variés et rares; il est, pour nous, un autre facteur de cette valeur, sur lequel il importe d'insister; c'est ce que nous appellerions volontiers son « harmonie constitutive ». Par ce terme nous entendons un ensemble de liaisons et de rapports entre ses divers constituants, rapports quantitatifs et qualitatifs, physiques aussi bien que chimiques, dont la rupture ou le déséquilibre se traduit par des changements dans la constitution intime du milieu panair, avec répercussions sur sa valeur alibile pour l'organisme humain,

Ceci demande quelques explications. Nous entrons ici dans un domaine incomplètement exploré; seules quelques manifestations ont permis d'en constater l'existence, d'en entrevoir certaines régions. Il existe, sans doute aucun, des rapports entre les principaux éléments de la ration alimentaire humaine qui, lorsqu'ils sortent de certaines limites, font que ces aliments ne sont plus physiologiquement adaptés à notre organisme. On peut regarder pour type de ces rapports, celui selon lequel sont liés hydrates de carbone, albumines et graisses, dans une ration « équilibrée » : protéines 1/6, graisses 1/6 et hydrates de carbone 4/6.

Les albumines d'un repas doivent elles-mêmes faire intervenir leurs acides aminés constitutifs selon certaines proportions, pour que leur assimilation se montre profitable. Leur rôle est connu dans la thérapeutique des anémies; si elles sont indispensables à la régénération sanguine, leur emploi excessif trouble cependant cette régénération.

Les graisses, puisque nous parlions d'anémies, incorporées en excès à un régime parfaitement équilibré par ailleurs, ont une action anémiante, notamment chez l'enfant.

Quant aux sels minéraux, leur association, au sein de mêmes molécules, avec les protides notamment, ne fait aucun doute dans la matière vivante examinée en son état naturel. On connaît le rôle du rapport Ca/P, dont un déséquilibre facilite l'apparition du rachitisme, et nous avons parlé de la formule de SCHRUMPF-PIERON qui lie la magnésie à la potasse et la chaux. Certains ions de ces sels doivent obligatoirement être associés à d'autres éléments lors de certaines réactions pour qu'elles aient lieu. Il en est ainsi dans les phénomènes diastasiques (par exemple, nous avons vu que l'amylase des farines a son activité accrue par la présence de coferments), dans les phénomènes de panification (modification du milieu colloïdal du pâton, transformation de l'état sous lequel se trouve le gluten, etc...), dans l'assimilation et le fonctionnement de nos divers systèmes organiques.

Il en est de même pour les vitamines. Leur proportion dans la ration ne doit pas être inférieure, non plus que supérieure, à

certains taux limites. Nous avons vu que les besoins en vitamine B sont proportionnés à l'importance relative dans la ration des hydrates de carbone, sans doute aussi des graisses.

En définitive, on sait qu'une ration alimentaire doit remplir certaines conditions pour être « équilibrée », comme l'on dit; il existe donc bien des harmonies alimentaires naturelles, auxquelles doivent se plier nos régimes sous peine de voir s'engendrer des troubles plus ou moins graves, plus ou moins rapidement accusés ou facilement décelés.

Il ne fait aucun doute que si, au cours de sa transformation en pain, on respecte les harmonies constitutives du grain de froment, on offre alors à l'organisme humain un aliment remplissant un grand nombre de conditions d'équilibres, et qui en conséquence est essentiellement adapté à sa physiologie. Hypothèse hier osée, aujourd'hui démontrée. Les preuves d'ailleurs deviendront de plus en plus nombreuses à mesure que l'on approfondira ce domaine, encore confus, des harmonies alimentaires naturelles.

ABELIN ⁴⁶¹ « a remarqué que les jeunes souris nourries d'eau et de pain blanc présentaient des troubles de croissance, modifications anormales dans la constitution des os, dermite, chute des poils, xérophtalmie, débilité générale. L'introduction de carottes dans l'alimentation ne produisait aucune amélioration. Le son ne peut pas remplacer le pain. Ces troubles existent par la pauvreté du pain en vitamines, ainsi que par sa composition d'albumine et de sels anorganiques; notamment il y aurait trop de Phosphore par rapport au Calcium. Plus la quantité de son augmente, plus le rapport entre le Phosphore et le Calcium diminue. Il a observé que les animaux nourris au pain bis ne présentaient pas de troubles. Si l'on ajoute au pain blanc du Calcium on n'obtient pas de résultat favorable; mais en tout cas, il est moins mauvais que lorsqu'on nourrit les animaux seulement avec du pain blanc. »

Ceci, outre la possibilité d'une « harmonie constitutive » que nous pensons exister, montre qu'une déficience, par exemple

461. Cité KAUFFMANN-COSLA et alter ⁴²⁸, p. 625.

en sel de chaux, ne peut être compensée par la réincorporation secondaire de ce même élément. Le sel ainsi introduit, produit pur, préparé par intervention de divers traitements physiques et chimiques ne se comporte pas du tout comme le fait le même sel, à son état naturel, associé avec les autres constituants en des rapports définis et selon des liaisons propres à cet état naturel.

A la suite des expériences que nous avons rapportées, KAUFFMANN-COSLA, VASILCO et OERIU ⁴²⁸ écrivent: « Ce que nous pouvons affirmer, c'est que le tableau pathologique qui apparaît lorsqu'on nourrit un chien exclusivement avec du pain blanc et de l'eau distillée, n'est pas dû au défaut de vitamines. Nous avons vu que le jus de citron n'a point supprimé le processus pathologique. *Il semble que lorsque l'organisme est privé de certaines substances, telles que les vitamines, ferments, hormones, ions, l'oxydation cellulaire ne suit plus les processus physiologiques, l'assimilation des trois groupes d'aliments souffre, ces aliments ne pouvant plus être dégradés complètement par notre organisme;* les produits intermédiaires, provenus de métabolisme vicié de ces groupes alimentaires, s'accumulent dans les humeurs de notre organisme en quantités pathologiques. Ces produits intermédiaires ont des actions toxiques; les troubles fonctionnels et les manifestations cliniques décrites chez les animaux sur lesquels ont porté nos expériences, en sont les conséquences. »

Nous ne dissimulons pas, certes, que de semblables expériences, poursuivies avec des alimentations exclusives, entraînent des troubles marqués et qu'on ne peut transposer de telles conclusions directement au cas de l'homme, en régime varié. Ce ne saurait cependant être une raison suffisante pour rejeter l'enseignement de cette expérimentation et moins encore celle des conclusions de ces auteurs que nous avons soulignée.

Et l'on peut se demander s'il n'y a pas lieu de rapprocher de ces faits, ceux, différents par leurs manifestations cliniques, d'anaphylaxie au pain blanc. La genèse de ces derniers peut être analogue à celle des troubles que ces auteurs ont relatés, la différence de symptomatologie, comme la rareté de ces cas en clinique, peut tenir au régime varié de l'homme. La littérature

médicale nous fournit, entre autres, les deux cas récents que voici d'intolérance au pain blanc.

PASTEUR VALLERY-RADOT et BARRIEU ⁴⁶² ont étudié pendant plus d'un an, un jeune garçon de onze ans qui présentait quotidiennement de l'urticaire après ingestion de pain ou de farines, depuis l'âge de dix-huit mois. Pendant plus de neuf ans, seule la farine de froment provoque des crises, puis la sensibilisation a également lieu avec diverses protéines que des cuti-réactions permettent de déterminer. Enfin, l'enfant finit par se désensibiliser spontanément. Se souvenant qu'une rémission était survenue en 1916-1917, et qu'alors le pain blanc était supprimé et remplacé par du pain complet, on lui donne à ingérer du pain complet: il n'a pas d'urticaire.

« Bien plus, écrivent ces auteurs, dans un même repas, nous lui fîmes ingérer du pain complet et du pain ordinaire: l'urticaire n'apparut pas. Cette expérience fut faite à maintes reprises avec le même résultat. » Ils en concluent: « le cortex du grain de blé s'est comporté comme s'il contenait une substance neutralisant l'action anaphylactique de la farine... », comme s'il en modifiait l'assimilation, dirions-nous, au point de la rendre inoffensive pour l'organisme. Et ils ajoutent: « Il ne semble pas d'ailleurs que de tels faits soient exceptionnels. L'un de nous a observé récemment un nouveau cas d'urticaire au pain. Le pain complet, dans ce cas comme dans celui que nous venons de relater, non seulement ne provoquait pas d'urticaire, mais, ingéré en même temps que le pain ordinaire, empêchait l'éruption ortiée d'apparaître. »

De leur côté, PAGNIEZ et COSTE ⁴⁶³ rapportent le cas d'une femme âgée de soixante-quinze ans, qui fut sujette pendant dix-huit mois à des crises d'urticaire survenant après ingestion de pain; le pain complet, ici également, se montre absolument dépourvu de toute nocivité et son adjonction à du pain blanc, au cours d'un même repas, neutralise l'action sensibilisatrice de

462. VALLERY-RADOT P. et BARRIEU A. R., Sensibilisation au pain, *Bull. Mém. Soc. méd. Hop. Paris*, 1923, (3), **48**: 1364-1367.

463. PAGNIEZ Ph. et COSTE F., Urticaire géante par ingestion de pain. *Bull. Mém. Soc. méd. Hop. Paris*, 1^{er} octobre 1924, **48**: 1368-1371.

ce dernier. En profitant de cette inactivation par le pain complet, le sujet a pu guérir son urticaire.

De tels faits sont rares assurément ou plutôt disons qu'on ne rapporte que rarement des manifestations cliniques à une intolérance si spéciale; mais, même si ces symptômes pathologiques étaient exceptionnels, serait-ce une raison pour les négliger et nier l'intervention en pratique de ce déséquilibre du pain; ne se pourrait-il pas que chez d'autres sujets, d'autres signes cliniques traduisent cette intolérance, sous une forme clinique que nous ne savons pas toujours rapporter à sa juste origine ?

RAGNAR BERG ⁴⁶⁴, ayant nourri deux personnes exclusivement avec du pain blanc, constate des troubles gastriques, de l'incapacité au travail, de l'insomnie, tous phénomènes qui ne sont guère amandés par addition de divers aliments, mais cèdent aussitôt par administration de pain complet.

Si LEGENDRE ⁴⁶⁵ a pu écrire que « les graines sont des matières vivantes qui ne se laissent pas réduire aux données simplistes d'une chimie élémentaire », on doit en dire autant des farines à taux d'extraction élevés (80 à 95 %), les seules que l'on puisse regarder comme représentant effectivement le froment, les seules capables de fournir à l'homme les éléments nutritifs qu'il est en droit de demander à son pain quotidien. Et le pain qui résulte de leur transformation n'est que le terme final d'une série de réactions biologiques sur une matière vivante. Gardons-nous donc de traiter ce pain à haute extraction comme un corps simple de la chimie organique, enfermant sa formule dans une série d'équations que sa complexité réelle dépasse de beaucoup et qui ne sauraient exprimer son essence particulière qu'il tire de la vie du grain.

Pour conclure cette étude disons donc que ce serait une erreur de penser que le « pain à haute extraction » (terme que nous avons antérieurement défini) n'est que du pain blanc avec, en supplément, d'autres éléments de la graine. Ce pain est as-

464. BERG Ragnar, *Flueissbedarf und Mineralstoffwechsel bei einfachster Ernährung.*, Leipzig, Hirzel, 1931.

465. LEGENDRE ⁴⁶, *Les céréales*, p. 113.

surément un pain renfermant tous les constituants du pain blanc et d'autres encore, bien plus précieux pour notre économie; mais tous ses principes sont unis entre eux selon des proportions et des relations physico-chimiques naturelles, que nous ignorons pour la plupart, et que notre science ne saurait imiter. Seul le « pain à haute extraction » est le reflet du grain de froment dont il reproduit fidèlement la constitution, alors que le pain blanc n'en est que le fantôme trompeur. Pain à haute et pain à basse extraction sont deux aliments auxquels on applique une terminologie voisine, mais qui sont bien différents dans leur nature intime, dans leur comportement et leur rôle dans la nutrition cellulaire de l'homme.

L'action médicale nécessaire

Le médecin doit, et il devra toujours soutenir les forces de l'organisme et mettre la place en bon état de défense (contre les microbes) s'inspirant constamment de cette vérité : avant toute maladie, il y a un trouble de la vie, car la nutrition c'est la vie.

BOUCHARD. *Leçon d'ouverture du cours de pathologie générale*, Paris 1885.

Notre étude nous a donc permis de conclure à la supériorité nette, sur le pain blanc, des pains de froment à hautes extractions, tels que nous les avons définis : provenant d'un bon blé indigène, à minéralisation équilibrée, ayant 11 à 12 % de gluten sec, parfaitement nettoyé, transformé selon certaines modalités en farines représentant autant que possible la totalité des principes nutritifs du grain (soit extraites de 80 à 94 %), panifiées selon les règles de l'art du boulanger et n'ayant été l'objet au cours de toutes ces manipulations, d'aucune spoliation ni sophistication.

Si l'on considère l'usage quotidien presque exclusif de pains confectionnés à l'aide de farines très blanches et déséquilibrées (extraites de 65 à 50 %), notre étude resterait sans portée médicale ni sociale si elle n'invitait en conséquence les personnalités qualifiées (médecins, meuniers, boulangers et industriels, isolés ou groupés en syndicats corporatifs, et œuvres d'hygiène sociale) à faire l'effort nécessaire pour redresser une erreur si fâcheuse de l'alimentation moderne. Avant tout une action médicale s'impose, étendue, profonde et énergique.

Ainsi que s'exprime le D^r HAUTEFEUILLE ⁴⁶⁶ : « Il est temps de revenir à une alimentation plus simple et plus économique. Il faut rendre au pain sa place d'aliment fondamental qu'il a toujours eue pour le Français. Pour cela, il faut qu'il soit de bonne qualité, qu'il récupère son caractère d'aliment complet qu'il avait autrefois. Ainsi les médecins pourront en prôner l'usage plus large. »

Pour être en mesure de pouvoir conseiller avec succès l'usage d'un aliment presque disparu de notre table et auquel le public s'est insensiblement déshabitué, les médecins ont une autre tâche à accomplir, plus pressante, celle de redresser le jugement du consommateur, dont bien souvent la bonne foi a été surprise et l'opinion faussée habilement.

L'heure est venue où « plus que jamais, le médecin est tenu de reprendre son beau rôle d'éducateur des masses: orateur, il doit parler; écrivain, il doit saisir la plume; praticien, il doit guider ceux qui lui confient le soin de leur santé; bref quelle que soit sa situation particulière, il lui incombe partout de faire œuvre d'hygiéniste et de prouver par l'action que, si la médecine sauve les individus, l'hygiène seule assure la santé des peuples » ⁴⁶⁷.

Ce labeur de longue haleine, pour être efficace, exige des qualités. Comme le fait remarquer le D^r LENGLET ²⁵⁸ : « Il faut aux médecins la volonté de penser à l'action sociale qu'ils ont mission morale de remplir. Il leur faut la volonté d'agir et la persévérance tenace dans l'action. » Nous pensons que cet effort n'est pas au-dessus des ressources morales du corps médical français. Assurément les médecins ont leurs travaux, leurs soucis, nés des conditions modernes d'existence et de l'exercice de leur art, mais il y a place dans leur activité pour cette campagne. Ils luttent contre les taudis, contre des fléaux tels que la tuberculose, la syphilis, le cancer, contre les fraudes alimentaires, et toutes les causes de déchéance du corps et de l'esprit

466. HAUTEFEUILLE J., La crise du blé et la question du pain, *Gaz. méd. Picardie*, fév. 1936, tir. à part de 24 pages.

467. MONTEUUIS ⁴, *Le pain blanc...*, p. 38.

de l'homme. Il est non moins urgent et important de lutter pour que revienne à la table de chaque foyer un pain capable d'entretenir les résistances organiques.

Déjà, assemblées savantes et groupements professionnels du corps médical ont montré la voie à suivre. En appendice (Appendice II) nous reproduisons les principaux vœux émis, notamment par la Société de Thérapeutique (9 mai 1934), par l'Académie de Médecine (17 juillet 1934), par la Société de Pharmacie.

Mais ce sont là des vœux, et ils n'auront de force et ne seront réalisés qu'autant que l'ensemble du corps médical les soutiendra et aidera à leur application, par éducation du public consommateur et par pression sur le gouvernement législateur.

Parmi les réformes indispensables qui doivent s'appliquer aux diverses phases de la préparation de *notre aliment fondamental, le pain* ⁴⁶⁸, retenons celles-ci :

1° - *Production d'un bon blé, équilibré en ses constituants. On y parviendra par l'étude de l'action des fumures et des engrais et par un contrôle de la qualité des différentes variétés, au point de vue composition et valeur boulangère.* Cette réforme capitale doit figurer à la base de toutes les autres, car avec un mauvais blé on ne fera jamais qu'un pain médiocre.

Jusqu'ici, seule la richesse en gluten, d'où dépend en grande partie la valeur boulangère, a donné lieu à des efforts de la part de quelques sélectionneurs. Ce redressement de notre production frumentaire, dirigée jusqu'à ces derniers temps vers les rendements intensifs obtenus aux dépens de la qualité, n'est encore qu'ébauché et déjà certains génétistes ont, à cet égard, obtenus d'excellents résultats, très encourageants. Parmi les nouvelles variétés qui allient à un rendement satisfaisant des qualités panaires remarquables, citons celles créées par R. LE-MAIRE: Blé « Providence » à 12,21 % de gluten sec; blé « Géfir » à 12,02 % de gluten sec (extraction de la farine à 71 %) qui valent les meilleurs blés Manitoba et dont l'usage éviterait les

468. CARTON P., *Notre aliment fondamental : le pain*, Paris, Maloine, 1914, in-12.

si fâcheuses importations de blés exotiques que les grands minotiers demandent et qui font fléchir dangereusement notre balance commerciale. De tels blés, aux essais de panification se comportent admirablement; il faut les répandre, en créer d'autres et encourager les génétistes dans cette voie.

Mais il y aurait lieu, en plus de la teneur en gluten, de tenir compte de l'équilibre minéral de ces variétés, ce qui n'a jamais été recherché. Avec raison SCHRUMPF-PIERRON¹²² estime que « Le devoir de l'agriculture est de produire des végétaux comestibles dont l'équilibre minéral est conforme aux besoins de l'homme. Elle doit et peut y arriver en faisant jouer simultanément les trois facteurs: *sol, climat, variété*. Mais elle n'a pas le droit, en négligeant l'un d'entre eux, de fournir des produits (et surtout des céréales) qui sont peut-être « beaux » au point de vue agricole, ont peut-être un rendement intéressant au point de vue commercial, mais qui ne remplissent plus leur but et même deviennent nocifs par suite du déséquilibre minéral qu'ils entraînent chez celui qui les consomme. »

2° - *Production d'une farine panifiable ayant conservé l'harmonie constitutive du grain de froment.* Pour cela une réforme des tendances actuelles de la minoterie s'impose.

Les meules peuvent rendre des services, notamment dans les campagnes. Les petits moulins à meules qui présentement éprouvent les plus grandes difficultés pour subsister, ne doivent pas disparaître, il importe de faire tous les efforts nécessaires pour les conserver en leur permettant de vivre. Les cylindres n'étant pas adaptés à la production d'une farine « équilibrée » et d'autres procédés, tels que ceux que nous étudions en appendice convenant pour ces extractions, il faut s'appliquer dans cette voie, perfectionner ces appareils et en créer de nouveaux. L'examen des produits du travail de ces nouveaux procédés devra être approfondi et pour les juger on devra s'inspirer de ce principe essentiel que « pour qu'une farine de blé contienne tous les composants véritablement utiles du grain, il faut qu'elle comprenne la totalité des éléments panifiables. Tout blutage intempestif en fait un produit carencé, impropre à assurer

l'entretien de l'organisme surtout aux périodes d'évolution, de croissance » ⁴⁶⁹.

En conséquence, il ne faut pas que le taux d'extraction puisse fluctuer, sous des prétextes d'économie dirigée. En 1926, LAPICQUE ²⁸⁴ demandait: « Ce qu'il faudrait c'est un pain toujours le même, une farine constante. Rien n'est pire que ces changements qu'on nous inflige, pain trop blanc après une belle récolte, puis pain de chien s'il y a une difficulté à la soudure. Il faudrait fixer une fois pour toutes un taux de blutage et s'y tenir en bonne comme en mauvaise année, faisant dans le premier cas une réserve pour le second. Dès l'époque des Pharaons, cette pratique des greniers d'abondance était considérée comme le signe d'une sage administration. L'hygiène alimentaire se trouve d'accord avec l'économie politique millénaire. Si ce conseil de bon sens avait été écouté, ainsi que l'avis des hygiénistes compétents, on n'aurait pas assisté à la fâcheuse politique de ces dernières années qui, par un abaissement excessif du taux d'extraction maximum (65 %), croyant résorber les excédents de notre production de blé ne fit qu'aggraver la sous-consommation de pain, donc de blé, du fait qu'elle entraînait la confection d'un pain trop amylacé, trop déséquilibré, générateur de dyspepsies et de troubles divers. Les médecins ne veulent plus revoir de pareils errements alimentaires.

3° - *Création de levains sélectionnés; mise au point d'une méthode de panification adaptée aux farines de taux d'extraction élevés et réglementation spéciale du travail en boulangerie.*

L'étude scientifique de la panification commence seulement. Elle doit être activement poursuivie par des chercheurs dont les travaux ne doivent point être ceux d'une même école, mais doivent pouvoir librement se confronter pour éclaircir la complexité de ces phénomènes physico-chimiques et biologiques.

La fermentation panaire devra être demandée aux seuls levains, à l'exclusion de toute levure de grains ou de mélasses; mais la biologie de la micro-flore des levains sera à faire. En assurant aux boulangers la possession de levains sélectionnés

469. MEILLÈRE G., Pain blanc et pain bis, *Bull. Ac. Méd.*, 17 juil. 1934, 112; 113-115.

et en leur enseignant une technique propre à leur conservation et à leur entretien, on évitera les inconvénients et des levures actuelles et des anciens levains à flore trop variée et irréguliers dans leur activité.

En conséquence, il faut réviser la réglementation actuelle du travail en vigueur dans la Boulangerie. Sans obligatoirement revenir aux méthodes compliquées et longues de jadis, une mise au point du travail de la pâte et le choix judicieux des heures de pétrissage, de repos, de tourne et d'enfournage, permettront certainement d'aboutir à une solution intermédiaire, acceptable par l'ouvrier boulanger et compatible avec l'évolution de ces milieux vivants spéciaux que sont les levains. Cette réglementation sera facilitée notamment en établissant un roulement dans les heures de travail et en réalisant une panification continue, du moins dans les centres urbains.

Aussi BRUÈRE et CHEVALIER²⁶⁰ peuvent-ils avec raison demander que « dans l'avenir, si l'on veut concilier les exigences économiques et sociales avec le travail sur levain, seul capable de fournir un pain *frais* sans être *humide* et *rassis* sans devenir trop rapidement *sec*, il faudra prévoir une organisation industrielle, permettant d'effectuer une panification continue. »

4° - *Etude de la cuisson du pain dans les divers systèmes de fours*. En effet, cette cuisson est actuellement obtenue indifféremment dans des fours dont la température reste constante au cours de la cuisson de toute une fournée (fours aérothermes) et dans des fours dont le chauffage est réalisé avant enfournage par combustion de gaz d'éclairage ou surtout de mazout. Il n'est pas douteux que dans le cas des premiers, les phénomènes ne sont pas identiques à ceux que réalise le four à chauffage intermittent (direct ou indirect), dans lequel la température décroît progressivement, et que dans le cas des seconds, il serait à vérifier que ces modes de chauffage (principalement le mazout) ne sont pas toxiques.

5° - *Education du consommateur*, chez qui il faut détruire un certain nombre de préjugés et de jugements erronés,

Partis du grain de blé, de sa constitution physique et chimique, nous avons successivement étudié de quelle manière il était travaillé par le meunier puis par le boulanger, pour être progressivement transformé en pain. Ayant conclu à la supériorité des pains à hautes extractions dont nous avons précisé la formule, et à la nécessité de l'usage journalier de tels pains, nous avons, pour terminer, envisagé les réformes nécessaires pour qu'ils soient réalisés. Ici se termine donc notre travail.

Puisse notre pain devenir plus parfait encore que n'était celui de nos ancêtres, un aliment sain, reconstituant, riche en qualités et sans défauts. Ce que nous avons voulu tenter, c'est réunir et condenser sous un volume restreint une documentation éparse dans de multiples publications et que nous ne possédions pas encore sous cette forme. Si une telle documentation n'est pas complète — et nous-mêmes y trouvons de nombreuses lacunes, parfois volontaires — du moins est-elle suffisamment étendue, nous l'espérons, pour que le lecteur puisse embrasser les problèmes multiples et complexes que soulève la question du pain.

Puisse cette modeste contribution à la réalisation du *bon pain* montrer la voie où il faut s'engager pour y parvenir et inviter des chercheurs à élucider les nombreux mystères que, chemin faisant, nous leur avons montré non résolus.

APPENDICE I

SYSTEME V. BORSAKOVSKY

« *Licences E. Vincent - Paris* »

Il est possible de distinguer dans ce procédé, trois phases au cours de l'évolution du grain vers le pain : le décortiquage, le trempage et la mise en pâte. L'invention en est due à M. l'ingénieur Vladimir Borsakovsky, et les licences en France sont exploitées par la « Société de transformation biodynamique des céréales ».

1° *Décortiquage*. — Le blé, nettoyé et débarrassé de toute graine étrangère, est légèrement humecté puis introduit dans un « pelateur » qui procède au décortiquage du grain.

On sait que vers 1906, STEINMETZ ⁴⁷⁰ est parvenu, pratiquement pour la première fois, à réaliser ce décortiquage ou plutôt mondage du froment. Il estimait déjà que le blé ainsi traité peut être entièrement transformé en pain.

La Société exploitant la licence française utilise actuellement un appareil allemand qui a paru à M. Borsakovsky comme étant le plus perfectionné à ce jour. Mais cet ingénieur a fait mettre récemment en construction un nouveau pelateur. C'est ce modèle définitif que nous décrirons. Les grains, humectés à environ 2 ou 6 % d'eau, sont introduits dans une colonne verticale munie d'un arbre principal et de deux arbres secondaires, tous trois solidaires par des paliers-supports. Ce système tourne à l'intérieur de la colonne, et les arbres secondaires, munis de vis sans fin, reçoivent en plus un mouvement

470. Cité BALLAND 47, *Céréales*, p. 47.

de rotation sur eux-mêmes. Ainsi les grains sont continuellement brassés dans les deux directions horizontale et verticale.

Il en résulte un double frottement : celui des grains entre eux et celui qui se produit entre les grains et les différents organes mobiles de l'appareil. L'échauffement provoqué par ces frottements facilite la pénétration de l'eau entre le péricarpe (enveloppes dites non soudées) et les couches sous-jacentes (enveloppes dites soudées). Le péricarpe se gonfle, se brise et se détache des enveloppes soudées, sous forme de fines pellicules celluliques qui seront éliminées à la sortie de la colonne par un ventilateur aspirant. Actuellement une brosse tournante parfait le travail du pelateur en service.

2° *Trempage*. — Chaque réservoir de trempage est constitué par une cuve métallique à fond perforé, dans laquelle le blé décortiqué est introduit et exposé à la pluie artificielle que projettent au-dessus de la cuve trois petits pulvérisateurs mécaniques. L'eau pénètre aisément par le germe à l'intérieur du grain qui atteint progressivement une hydratation de 45 à 50 %.

Ce mode de trempage doit permettre d'écarter les fermentations secondaires; de plus, il met en œuvre certaines réactions diastasiques et d'ordre physico-chimique à l'intérieur du grain qui, bien conduites, ne sont peut-être point négligeables biologiquement. Il se passe certainement là des phénomènes analogues à ceux qui se produisent à la phase préliminaire de la germination ⁴⁷¹.

471. Bien que l'étude des transformations subies par le grain de blé lors de sa germination et que l'utilisation thérapeutique du blé germé soient des plus intéressantes, nous avons dû écarter ces considérations du présent travail. On se reportera utilement, pour cela, aux travaux suivants : WEILL E. et MOURIQUAND, Sur l'apparition de la substance antiscorbutique au cours de la germination des graines, *C. R. Soc. Biol.*, 8 juin 1918, **81**: 607-609. NETTER, *Ibid.*, pp. 609-610. WEILL et MOURIQUAND, *Ibid.*, 6 juil. 1918, **81**: 678-679. PRAT Gilbert, *Vitamines. Vitamothérapie. Essais thérapeutiques par des graines germées*. Thèse Doct. Méd. Paris, 1930, n° 428. Nancy, Thomas, 1930. Voir aussi les travaux de URBAIN et GUILLOT, et ceux de RAYBAUD, Emploi de l'avoine germée comme reconstituant des chevaux malades, *C. R. Soc. Biol.*, 1925, **92**: 437. La valeur alimentaire de l'avoine germée, *Ibid.*, 1926, **94**: 665. Sur l'action des graines germées dans l'alimentation, *C. R. Ac. Sc.*, déc. 1929, **189**: 1015.

Lorsque le blé décortiqué a atteint le degré d'hydratation approprié, il est amené à la pulvérisseuse.

3^o *Mise en pâte.* — L'invention principale de ce système de panification est constituée par une machine pulvérisseuse puissante due à l'ingénieur Borsakovsky. Elle permet « de broyer en particules de l'ordre de deux à trois centièmes de millimètres toute matière organique ayant 20 % au moins d'humidité », et dans le présent cas, est appliquée à la transformation du grain décortiqué directement en pâte boulangère.

Le blé décortiqué tombe dans une trémie d'alimentation où le prend une vis sans fin verticale qui l'amène à une plaque cylindrique perforée de 130 fenêtres aux dimensions restreintes (4×30 mm). Obligé, par la pression de la vis, de sortir par ces ouvertures, le blé trempé entre aussitôt en contact avec un dispositif rotatif, tournant à très grande vitesse (5400 tours à la seconde), et muni de 32 couteaux inclinés à 45 degrés (fig. 9 et 10).

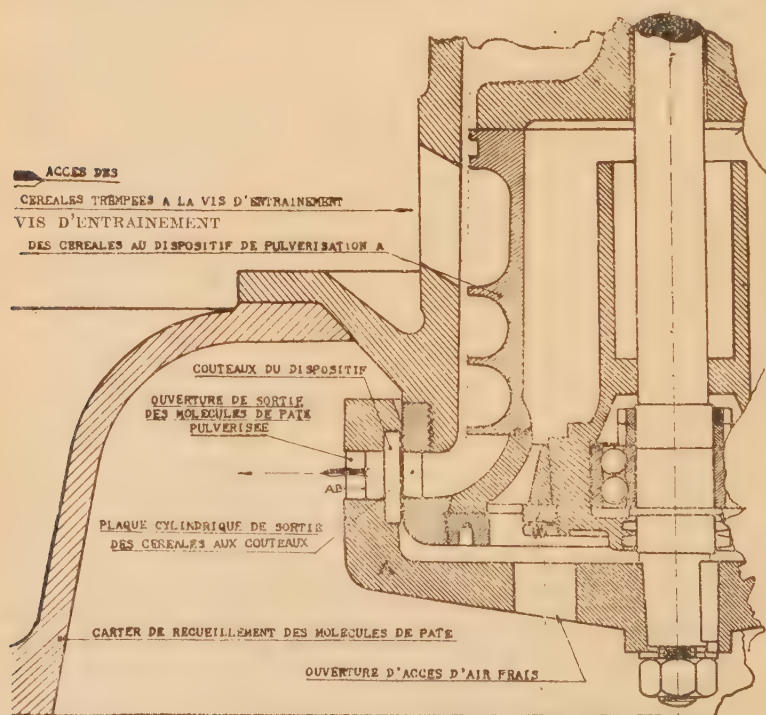


Fig. 9

Appareil Borsakovsky « Licences Vincent » (Coupe verticale).

La transformation a lieu instantanément et ne nécessite donc qu'un seul passage à travers la machine.

La vitesse linéaire des couteaux est de l'ordre de 96 mètres-seconde avec la machine actuellement en service. Il y a donc non seulement sectionnement de la matière, mais aussi choc, ce qui entraîne une véritable dissociation cellulaire. La durée d'action des couteaux sur chaque lamelle de blé pourrait s'évaluer à environ vingt millièmes de seconde, et comme leur travail a lieu dans un très violent courant d'air, la température de la pâte à la sortie de la machine n'est pas supérieure à celle du blé introduit et de l'air environnant.

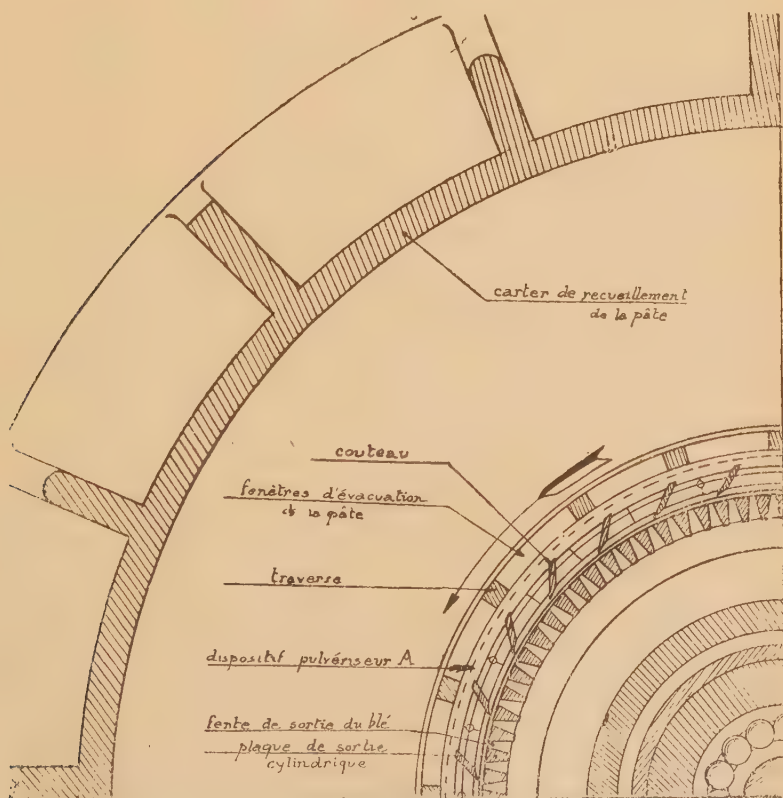


Fig. 10

Appareil Borsakovsky « Licences Vincent » (Coupe horizontale).

Le puissant courant d'air qui se produit du centre de la machine vers la périphérie, sous l'influence de la force centrifuge, outre qu'il évite tout échauffement préjudiciable aux qualités boulangères de la pâte, permettrait l'introduction de levure, de sel ou de telle matière liquide désirée, en cours même de travail.

Chaque particule détachée voit sa densité multipliée par 6000 environ, et aidée par le courant d'air, elle abandonne le couteau, fait issue au dehors du dispositif rotatif par les larges ouvertures qui y sont ménagées et est projetée contre un carter. Lorsque la pâte qui recouvre ce dernier atteint une épaisseur suffisante, elle se ramasse au pied de la machine.

Une analyse, effectuée au Laboratoire central des grains et farines, nous montre que les chocs puissants que subissent les particules de blé n'attaquent point les grains d'amidon; par contre, environ 90 % des cellules de l'assise protéique sont déchiquetées et vidées de leur contenu.

Pour être panifiée, la pâte reçoit encore environ 10 à 15 % d'eau, en même temps que la levure et le sel nécessaires et est pétrie mécaniquement. Après un repos de 40 à 45 minutes, un peu plus long qu'avec une pâte ordinaire, on divise la masse en pâtons, qui sont laissés à fermenter durant 40 à 50 minutes, à peu près ce qui se fait en boulangerie courante.

Il est à remarquer que la pâte sortant de la pulvériseuse est d'une homogénéité parfaite, lorsque la vitesse d'admission du blé trempé est appropriée. De plus elle peut être conservée à température normale (environ 15° C) pendant plusieurs heures (douze par exemple) avant d'être travaillée, sans qu'il y ait de préjudice porté à la qualité du pain ainsi confectionné.

L'avantage de ce procédé est de garantir le taux d'extraction. Le péricarpe seul étant enlevé par le pelateur, cet appareil détermine le taux d'utilisation du grain; la pâte et le pain correspondent donc à des pâtes et des pains de taux d'extraction élevé: 95 % environ. En cours d'opération aucune soustraction ou triage ne peut être réalisé, de sorte que le produit terminal reproduit obligatoirement la constitution du grain décortiqué.

Nous avons examiné le pain obtenu par ce procédé et vendu dans le commerce parisien, sous le nom de « Pain Vibor ». Chose remarquable, il n'est pas bis, mais de coloration plutôt crème, fait assez difficile à expliquer. La texture de ce pain est satisfaisante qu'il soit cuit en boules ou en pains longs.

SYSTEME FRANÇOIS

Partant de ce principe que toute compression ou élévation de température a des répercussions, le plus souvent fâcheuses, sur l'état physico-chimique naturel de la matière vivante, et en particulier du blé, M. François a mis au point un appareil remarquablement simple, dans lequel le grain est « désintégré » en farines avec le minimum d'opérations traumatisantes ou échauffantes.

Considérant de plus qu'en milieu humide, les diastases naturelles du grain entrent en action, il ne travaille le grain que dans son état de siccité habituel. La composition des farines obtenues ainsi doit *a priori* se rapprocher au maximum de la constitution du grain, ses éléments n'ayant de la sorte subi que le minimum de changements dans leur intimité physico-chimique. Ce n'est qu'au dernier moment que sont ajoutés eau et agents de fermentation, afin d'obtenir la pâte boulangère.

Alors que meules, cylindres et « Soders » procèdent à la fragmentation du grain ou de ses parties en faisant intervenir des pressions et des frictions importantes, l'appareil François réalise une usure progressive du grain allant de la périphérie vers le centre, par frottement simple du grain sur une surface rugueuse, sans pression sensible.

L'appareil de « désintégration » du blé consiste en un caisson de tôle d'acier, de forme sensiblement ovale et revêtu intérieurement d'un enduit abrasif non toxique et d'usure pratiquement négligeable. Pour l'équilibrage de l'appareil, ce caisson est couplé à angle droit avec un second caisson analogue. Une couronne métallique circonscrit l'ensemble, en assure la solidité et sert de poulie d'entraînement, une courroie communiquant à tout l'appareil par son intermédiaire, un mouvement de rotation autour du petit axe commun aux deux caissons (fig. 11 et 12).

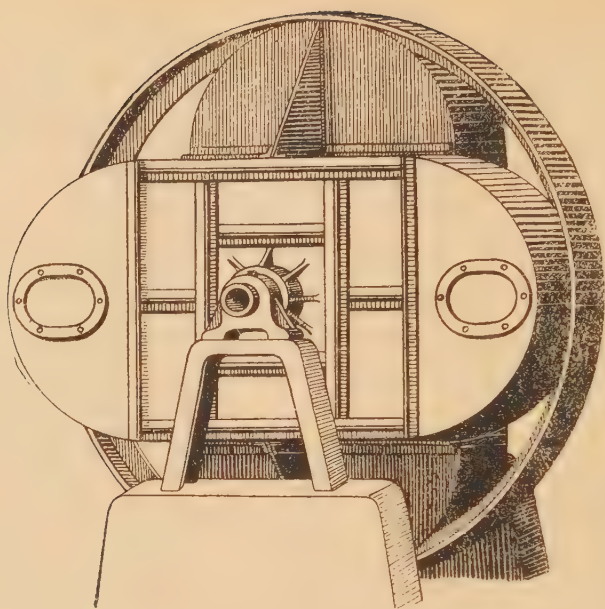


Fig. 11
Appareil François, vu de face.

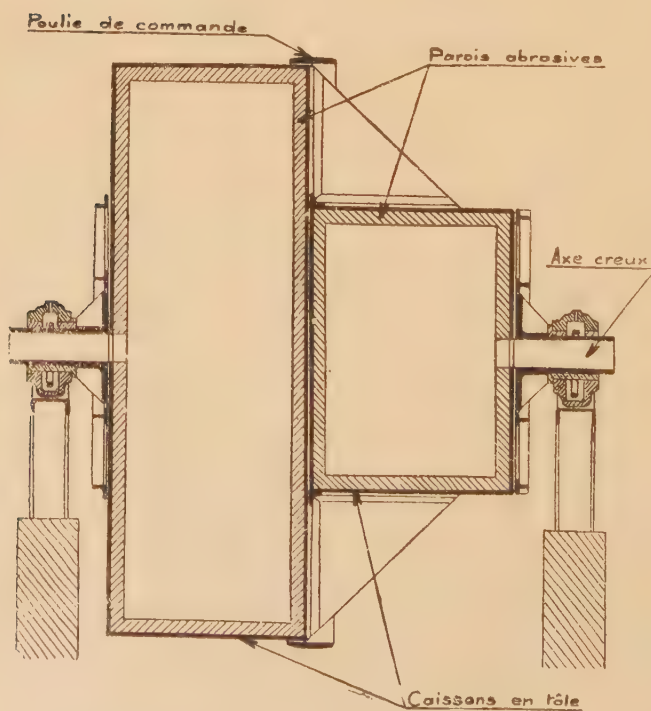


Fig. 12
Appareil François, vu en coupe transversale.

La machine tournant à vide, le blé est introduit dans le caisson par l'arbre creux. Soumis à deux forces antagonistes, la pesanteur et la force centrifuge, les grains sont, lorsque la vitesse de rotation est appropriée (de 29 à 35 tours à la minute) successivement projetés dans une des extrémités ovales puis obligés de glisser contre la paroi abrasive pour être repris à l'autre extrémité par une sorte de pelletage, et ainsi de suite.

L'usure du grain qui résulte de ces frottements répétés entraîne la formation d'une farine qui est aspirée par l'axe creux.



Fig. 13

Aspect schématique de grains de blé traités par l'appareil François, à différents stades de leur usure progressive

Le péricarpe est attaqué le premier; les érosions multiples produites à son niveau provoquent son décollement, sous forme de fines et petites plaquettes. L'usure continue ensuite, diminuant progressivement le grain (fig. 13), couche par couche, en donnant des farines finement pulvérulentes. Vers la fin de l'opération, il ne reste plus dans l'appareil que des particules assez légères pour que leur usure devienne plus difficilement réalisable; chaque particule représente alors ce qui reste d'un grain de blé et est essentiellement composée du germe et de cette partie du grain où les enveloppes s'incurvent pour former le sillon longitudinal. La mouture de ces particules est actuellement achevée au moyen de meules.

L'appareil François permet donc d'extraire d'un blé la quantité de farine que l'on veut, puisqu'il met le meunier à même d'exclure la zone du grain qu'il désire. Les farines successivement obtenues, si elles sont prélevées au fur et à mesure de leur formation, peuvent à peu de chose près être regardées comme représentant le produit de pulvérisation de chacune des enveloppes et des zones de l'amande du grain.

Ces farines n'offrent point le même aspect et présentent des variations très sensibles de coloration, notamment celles qui proviennent des couches périphériques du grain. De plus, en diluant lentement une certaine quantité de chacune de ces farines avec au moins son poids d'eau, sans la pétrir, on obtient une pâte très homogène qui, étendue en mince lame sur une plaque de verre ou une feuille de papier, devient transparente et de coloration ambrée plus ou moins foncée, au bout de 24 heures. La différence de tonalité de ces préparations varie dans de larges proportions et la farine que l'on peut considérer comme provenant de l'assise protéique, en particulier, offre une teinte brun foncé plus marquée que celles de toutes les autres préparations.

Ces modes d'appréciation, quoique grossiers, permettent de prévoir que les farines obtenues avec cet appareil diffèrent des farines usuelles. C'est ainsi qu'une farine François à 85 % (ne contenant pas les premières enveloppes du grain) subit par dilution cette transformation avec aspect transparent et couleur ambrée que nous venons de décrire. Par lixiviation, une telle

farine ne peut céder son gluten, le lavage du paton entraînant sa dissolution totale sous forme de gomme mucilagineuse.

Au moment de la rédaction de ces lignes, l'appareil industriel figuré ci-dessus n'a pas encore été mis en route et seul a fonctionné jusqu'à ce jour un appareil analogue, mais d'essai; aussi l'inventeur n'a-t-il pu nous fournir d'analyses de ses produits, comme nous l'aurions souhaité, son désir étant de ne voir pratiquer ces recherches que sur les produits qui seront fournis par cet appareil définitif.

Malgré l'absence de ces données, on peut penser que l'on est en présence d'une farine ayant une assez grande finesse. On sait, en effet, par les travaux de SHOLLENBERGER⁴⁷², d'ALSBERG et PERRY⁴⁷³ et de VAN DER LEE⁴⁷⁴, que les farines de froment, même de cylindres, qui ont été soumises à des remoutures, absorbent l'eau plus rapidement que les farines plus grossières, et que leur activité diastasique étant remarquablement plus élevée que celle d'une farine normale, elles fermentent plus aisément. Ces deux phénomènes s'expliquent sans peine par la plus grande surface offerte à l'absorption de l'eau ainsi qu'à l'action des diastases et des ferments figurés.

C'est le cas, semble-t-il, de la farine François, dont la panification serait très spéciale. Le récit que nous a communiqué M. François d'une séance de démonstration de travail de sa pâte au pétrin mécanique est démonstratif. Cette séance avait lieu en présence de divers membres du Syndicat de la Boulangerie parisienne. Après addition à la farine de l'eau, du sel et de la levure délayée nécessaires, le pétrin mécanique fut mis en marche moins d'une minute, puis la pâte recouverte de sacs. Quel ne fut pas l'étonnement compréhensible des assistants, professionnels habitués au travail beaucoup plus prolongé des pâtes de farines blanches de cylindres, lorsqu'au bout d'une dizaine de minutes, ils se seraient rendu compte que la pâte était prête, et pouvait dès ce moment être utilisée.

472. SHOLLENBERGER J. H., Influence of the size of flour particles on the baking quality, *National Miller*, déc. 1921, pp. 29-30.

473. ALSBERG G. L. et PERRY E. E., The effect of fine grinding upon flour, *Cereal Chem.*, 1925. Cité BAILEY⁶⁰, p. 286.

474. Van der LEE, *Z. des Getreidewesen*, 1928, 15: 110.

De plus, cette farine est panifiable dès sa production, la maturation s'opérant, en quelque sorte, en cours de fabrication, et elle se conserverait facilement et pendant longtemps sans subir d'altérations, même extraite à des taux qui y incorporent la totalité de l'assise à diastases et du germe.

Nous avons examiné le « pain François » provenant de la panification des farines de l'ensemble du grain (farine pelliculaire provenant du péricarpe exceptée) et qui est offert au public dans le commerce parisien. Ce pain a une teinte bise foncée, assez accusée, et une texture très satisfaisante, à trous petits, réguliers et nombreux. Les pains cuits en moules rectangulaires ont une texture plus aérée que ceux cuits simplement en boules.

APPENDICE II

SOCIÉTÉ DE THÉRAPEUTIQUE

Vœu du 9 mai 1934

Dans sa séance du 11 avril 1934, la Société de Thérapeutique nommait une commission de quatre membres qu'elle chargeait d'étudier le problème du pain. Le vœu rédigé par cette commission fut lu et approuvé par cette Société dans sa séance du 9 mai 1934. Voici ce vœu :

**Propositions pour la rédaction d'un vœu à émettre
par la Société de Thérapeutique
pour lutter contre la sous-consommation du pain**

présentées par MM. BRUÈRE, J. CHEVALIER, LENGLET et R. LECOQ

La Société de Thérapeutique, qui a toujours placé la médication par les régimes au premier plan de ses préoccupations, s'inquiète des restrictions qui tendent à s'accroître dans la consommation du pain.

Il résulte d'une étude dont elle a chargé quatre de ses membres particulièrement qualifiés, MM. P. Bruère, J. Chevalier, R. Lecoq et E. Lenglet, que les deux principales causes de cette sous-consommation sont, d'une part, la diminution de la valeur alimentaire de la farine et, d'autre part, un état physique du pain nuisible à une bonne insalivation, facteur essentiel de la digestibilité.

Les procédés modernes de mouture, dénoncés depuis de longues années, permettent en minoterie de séparer à volonté, dans l'amande du grain de blé, la partie centrale blanche et amidonneuse de la région périphérique gruauteuse, plus colorée au

voisinage de l'enveloppe, mais nettement plus minéralisée et plus riche en gluten.

Ces procédés aboutissent à la production de farines dépourvues de la plus grande partie de leurs principes minéraux et albuminoïdes avec prédominance exagérée d'amidon. Il en résulte un déséquilibre qui diminue la valeur alimentaire des farines ainsi que leur aptitude mécanique et biologique à la panification, notamment par le travail abrégé à la levure; en effet cette méthode conduit trop souvent à l'emploi de correctifs (ou améliorants biologiques) dont l'effet se traduit par une augmentation du rendement en pâte, du à une fixation supplémentaire d'eau dans la pâte et par suite dans la mie du pain frais.

Le pain qualifié de fantaisie, et même celui vendu au poids, ne sont plus pratiquement masticables de sorte qu'une hérésie alimentaire dans l'obtention des farines compliquée d'une mauvaise digestibilité du pain, entraîne un véritable gaspillage économique dont la collectivité paye les frais.

En conséquence et pour permettre au *pain* sans qualificatif de reprendre la place de premier plan qu'il occupait autrefois dans notre régime alimentaire, la Société de Thérapeutique émet le vœu :

1° Qu'un *contrôle de nos blés indigènes* soit organisé par régions pour renseigner les producteurs sur la qualité des semences et les meuniers sur la valeur boulangère des farines (par des essais mécaniques, diastasiques, etc.), en vue d'écarter définitivement les blés impropres à la panification.

2° Que la *farine panifiable* renferme, autant que possible, la totalité des principes alibiles du grain industriellement propre, et que sa composition ne soit plus soumise aux variations des arrêtés et décrets, même sous des prétextes d'ordre économique qui vont à l'encontre du but poursuivi, en diminuant sa valeur alimentaire, ce qui entraîne une sous-consommation du pain.

Il n'est pas douteux que le corps médical sera unanime à recommander dans une très large mesure le pain lorsqu'il ne proviendra plus de farines déséquilibrées par des taux d'extraction exagérément réduits.

3° Que le *travail de panification*, actuellement trop abrégé, soit repris en tenant compte des phénomènes bio-physico-chimiques qui caractérisent essentiellement la levée de la pâte et qui ne peuvent s'accomplir que dans des conditions bien déterminées de température et de temps, pour conduire à un pain *frais* sans être *humide* et *rassis* sans être *sec*; ces conditions sont indispensables pour rendre au pain les qualités de sapidité qui invitent à le mastiquer et qui sont nécessaires à sa digestibilité.

ACADEMIE DE MEDECINE

Vœu du 17 juillet 1934

A la suite de sa communication M. G. MEILLÈRE⁴⁶⁹ présentait à l'Académie de Médecine le vœu suivant qui, mis aux voix, fut adopté à l'unanimité.

Conclusions et projet de vœu à transmettre aux pouvoirs publics

L'Académie de Médecine, fidèle gardienne des intérêts de la santé publique, s'émeut à juste titre de la consommation de plus en plus généralisée — surtout dans les centres urbains — d'un pain blanc obtenu avec une farine privée des éléments énergétiques essentiels du blé.

Ne pouvant songer à imposer l'emploi du pain bis, cet aliment complet, si parfaitement équilibré, et à l'abandon progressif duquel est dû, au moins en partie, l'affaiblissement de la résistance et l'hyponatalité d'une race essentiellement mangeuse de pain et naguère si vigoureuse, l'Académie désirerait voir les Pouvoirs publics tenter la rééducation alimentaire du peuple français par une vaste expérience qui consisterait à fournir aux collectivités dépendant de l'Etat — armées, hospices et écoles en particulier — une farine entière obtenue et panifiée suivant les règles imposées par l'hygiène alimentaire. Toutes facilités seraient données aux institutions civiles et aux particuliers qui désireraient profiter de ces dispositions en consommant ce pain normal de grain national.

Ainsi serait mis à la disposition des travailleurs et des sujets en voie de croissance un produit satisfaisant mieux aux exigences

alimentaires que le pain moyen, irrégulier, indigeste et de courte conservation fourni, en particulier dans nos campagnes, où les médecins en proscrivent souvent l'usage. De multiples tentatives de fourniture d'un pain normal réalisées en province et à Paris même ont été accueillies avec une grande faveur par les consommateurs. Ces essais ont montré qu'il y avait là un moyen d'augmenter en la ramenant à son taux normal la consommation du pain, seul palliatif aux crises agricoles causées par la surproduction. La population française est donc bien préparée en ce moment à supporter avec faveur une modification de son régime alimentaire souhaitable à tous les points de vue.

SOCIÉTÉ DE PHARMACIE

La Société de Pharmacie de Paris, préoccupée de la diminution de la consommation du pain en France et de ses conséquences d'ordre économique et hygiénique émet les vœux suivants:

1° Que les organismes qualifiés aboutissent à un choix rationnel des variétés de blés indigènes ayant un rendement suffisamment élevé, mais non exagéré, et conduisant à des farines de bonne qualité boulangère; que seules les variétés choisies soient conseillées à la culture.

2° Que la notion de la valeur boulangère continue à être précisée et éclairée par tout un ensemble d'essais mécaniques, chimiques et techniques (taux du gluten, qualités plastiques des pâtes, équilibre entre les matières protéiques du grain, activités diastasiques, essais de panification).

3° Que la farine panifiable renferme la presque totalité des principes alibiles du grain de blé à un taux d'extraction suffisant, non soumis à de perpétuelles variations et déterminé d'après le poids spécifique et tous autres caractères physiques du grain.

4° Que dans la technique boulangère, soient respectées les conditions physiques, chimiques et biologiques d'une bonne fermentation pauvre (durée, température, état hygrométrique, levain ou levure, etc.); que ne soit pas introduite dans la pâte une quantité d'eau exagérée, de façon à ce que le pain rationnellement cuit, ne soit pas humide quand « il est frais et sec quand il est rassis ».

CONCLUSIONS

Nous avons successivement passé en revue les nombreux constituants du grain de froment et constaté que les diverses régions de ce grain offrent des différences considérables de constitution.

L'étude des procédés de mouture nous a montré que le travail des meules, et surtout celui des cylindres, parvenant à séparer ces régions les unes des autres, produisent de la sorte des farines toutes déséquilibrées et dont aucune ne peut représenter le froment.

Ensuite nous avons plus particulièrement étudié le germe, les couches périphériques de l'albumen et les enveloppes sous-péricarpiques du grain. Cet examen a permis de conclure à leur haute valeur alibile et à la nécessité, en conséquence, de les incorporer dans le pain d'usage quotidien.

Dans un chapitre consacré à la panification, nous avons essayé de discerner le rôle joué par les principaux constituants des farines dans les diverses phases de la fermentation panaire et de la levée de la pâte.

Ces notions préliminaires nous ont alors permis d'examiner, du point de vue médical, les qualités nutritives de pains confectionnés de farines de froment à divers taux d'extraction. Nous en avons conclu à la supériorité manifeste des pains à hautes extractions (farines extraites de 80 à 95 %, dans certaines conditions de mouture, et comportant germes et assises protéiques).

Pour que ces pains à hautes extractions remplacent le pain actuel, trop déséquilibré et trop appauvri, il est nécessaire que soit menée une action énergique, essentiellement médicale; aussi, pour terminer, avons-nous posé les directives principales dont

devra s'inspirer cette réforme: sélection des blés, mise au point et recherche de procédés de mouture différents des meules et des cylindres, étude scientifique de la fermentation, de la levée de la pâte et des levains.

Vu: Le Président de thèse,

L. TANON.

Vu: Le Doyen,

G. ROUSSY

Vu et permis d'imprimer.

Le Recteur de l'Académie de Paris,

CHARLÉTY.

TABLE DES MATIERES

	PAGES
CHAPITRE I. — INTRODUCTION	15
CHAPITRE II. — LE GRAIN DE BLE	19
Enveloppe	20
Albumen	24
Embryon	28
CHAPITRE III. — LES CONSTITUANTS DU GRAIN DE BLE. LEUR NATURE ET LEUR VALEUR ALI- MENTAIRE	30
Glucides	30
Amidon	31
Cellulose	33
Sucres	34
Protides	38
Gluten	38
Aleurone	46
Sels minéraux	52
Phosphates	52
Cuivre	58
Fer	59
Brome	60
Magnésie	60
Manganèse	63
Lipides. Acides gras et acidité des farines	67
Vitamines	74

Vitamine A	75
Vitamines B, F G et H	76
Vitamine C	86
Vitamine D	86
Vitamine E	88
Vitamine Z	91
Diastases	92
Conclusions	98
 CHAPITRE IV. — ETUDE DES PROCEDES DE MOUTURE ET DES DIVERSES FARINES QU'ILS PRODUISENT	
	100
La mouture par meules	101
La mouture par cylindres	102
La mouture par « Soders »	104
Comparaisons entre ces modes de mouture	105
 CHAPITRE V. — LE PROBLEME DU SON, DE L'ASSISE PROTEIQUE ET DU GERME	
	119
Analyses de sons	119
Expériences d'assimilation de divers sons	124
Etude de l'assise protéique	140
Utilisation des assises sous-péricarpiques	146
Influence du germe de blé sur l'organisme humain	151
a) - Rôle dans l'utilisation des glucides	151
b) - Rôle dans la croissance	155
Conclusions	160
 CHAPITRE VI. — LA PANIFICATION	
	165
Pétrissage	166
Fermentation panaire	167
Levains et levures	167
Les aliments du ferment figuré	170
Diastases et pH	173

Complexité du milieu panaire	176
Cuisson	179
Action de la température	180
Hydratation des pains	181
Panification des farines à hautes extractions	182
 CHAPITRE VII. — LE PAIN. EXPERIENCES COMPARA- TIVES REALISEES AVEC DES PAINS A BASSES ET A HAUTES EXTRACTIONS	 189
Quelques analyses de pains	190
Sels minéraux divers des pains	193
Phosphates des pains	195
Magnésie des pains	196
Vitamines des pains	198
La querelle du pain blanc et du pain bis	200
Assimilation de divers pains par les animaux	202
Assimilation des diverses sortes de pains par l'orga-	
nisme humain	209
Remarques préliminaires	210
Conclusions	225
 CHAPITRE VIII. — SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS	 232
L'ACTION MÉDICALE NÉCESSAIRE.	241
 APPENDICE I. — NOUVEAUX PROCÉDÉS D'EXTRACTION DE LA TOTALITÉ DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS DU GRAIN DE FROMENT.	
Système Borsakovsky « Licences E. Vincent - Paris » ..	248
Système François	253
 APPENDICE II. — VŒUX DE SOCIÉTÉS SAVANTES	 259
CONCLUSIONS	263

IMP. LOUIS JEAN -- GAP
PÉRIODIQUES - PUBLICATIONS
BUREAU : PARIS, GRENOBLE, CASABLANCA

